

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO DE RESERVATÓRIOS E REDUÇÃO DE PERDAS  
DE ÁGUA NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – CAMPUS  
DARCY RIBEIRO**

**RUI DE SOUSA OLIVEIRA**

**ORIENTADOR: LEONARDO ZANDONADI MOURA**  
**CO-ORIENTADOR: SÉRGIO KOIDE**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**BRASÍLIA/DF: JULHO 2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ESTUDO DE RESERVATÓRIOS E REDUÇÃO DE PERDAS  
DE ÁGUA NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – CAMPUS  
DARCY RIBEIRO**

**RUI DE SOUSA OLIVEIRA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL.**

**APROVADO POR:**

---

**Prof. Leonardo Zandonadi, ENC/UnB**  
*Orientador*

---

**Prof. Arthur Schleicher, ENC/UnB**  
*Examinador Interno*

---

**Prof. Daniel Sant’ana, FAU/UnB**  
*Examinador Externo*

**BRASÍLIA/DF, 5 de JULHO de 2018.**

# FICHA CATALOGRÁFICA

---

Oliveira, R. S.

Estudo de reservatórios e redução de perdas de água na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro [Distrito Federal] 2018.

V, 78 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2018)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Reservação de água                      2. Redução de perdas

3. Consumo de água

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Oliveira, R.S. (2018). Estudo de reservatórios e redução de perdas de água na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final, Publicação 2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 78 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rui de Sousa Oliveira

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo de reservatórios e redução de perdas de água na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Rui de Sousa Oliveira

Sobradinho II – Cond. Serra Azul, Q. 23, Lote 01

73.070-045 – Brasília/DF - Brasil

## RESUMO

O Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília possui algumas edificações, tais como: Instituto Central de Ciências (ICC), Faculdade de Tecnologia e outras, que têm seu abastecimento de água feito de forma direta pela CAESB, sem reservatórios. Esse fato faz com que as pressões na rede sejam altas e isso pode romper tubulações, danificar aparelhos hidrossanitários, aumentar vazamentos, além de tornar o sistema vulnerável no caso de intermitência no abastecimento.

Nesse contexto, a finalidade deste estudo é propor a reservação de água para abastecimento contínuo nos dias de possíveis interrupções de abastecimento e assim controlar as elevadas pressões e também aumentar a resiliência e eficiência da rede de abastecimento do Campus. Além disso, por meio da análise histórica do consumo de água do Campus é feita uma identificação preliminar das edificações com possíveis vazamentos ou elevado consumo.

A análise histórica do consumo de água da UnB foi realizada com a criação de gráficos box-plot detectando possíveis outliers que são um forte indicativo de consumo excessivo de água e de desperdício, uma vez que estes pontos são valores que apresentam um grande afastamento do consumo típico da edificação observado ao longo da série histórica. Essa análise permitiu identificar alguns prédios dentro do Campus com consumo de água anormal, são eles: ICC, FT, SG-10 e SG-4, não apresentando dados conclusivos nos demais prédios analisados.

Além disso, por meio de modelagem hidráulica utilizando o software EPANET e de medições de pressão no ICC, foi possível verificar as possibilidades de ajuste de uma Válvula Redutora de Pressão (VRP) no início da rede da edificação e também a possibilidade de utilizar o Castelo D'água como reservatório de abastecimento para controlar as pressões nesta edificação. Destaca-se que o critério para escolha do ICC foi de que ele é uma edificação muito extensa e que possui o maior consumo de água no Campus.

Por fim, o estudo concluiu pela viabilidade do Castelo D'água abastecer o ICC, sendo recomendável instalar uma VRP próximo a entrada do prédio, já que apesar da introdução do Castelo D'água garantir pressões na entrada da rede da edificação dentro do sugerido pela Norma as pressões ao longo da rede continuam excessivas.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	4
3.2 SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL.....	6
3.3 PERDAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	8
3.4. CONTROLE DE PERDAS.....	11
3.5. PRESSÃO NA REDE.....	13
3.6 MEDIDORES DE PRESSÃO NA REDE.....	14
3.7 CONSUMO DE ÁGUA.....	16
3.8 MEDIDORES DE CONSUMO DE ÁGUA.....	18
3.9 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO CONSUMO E DE PERDAS DE ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO DA UNB.....	20
4. METODOLOGIA.....	24
4.1 ALTERNATIVAS DE RESERVA PARA ABASTECIMENTO CONTÍNUO.....	24
4.2 CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS DE CADA GRUPO DE EDIFICAÇÕES.....	30
4.3 AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS PRESSÕES NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ICC.....	31
4.4 IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS PARA MONITORAMENTO DE PERDAS D'ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1 ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO E CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS..	35
5.2 MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA PRESSÃO NA REDE ICC.....	42
5.3 IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS PARA MONITORAMENTO DE PERDAS D'ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO.....	54
6. CONCLUSÃO.....	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
8. APÊNDICE.....	63

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 4.1 - Grupo de edificações do Campus Darcy Ribeiro.....	27
Tabela 5.1 - Volume do reservatório para cada grupo de edificação.....	39
Tabela 5.2 – Medidas dos reservatórios fornecidos pelo fabricante.....	40
Tabela 5.3 - Consumo de água do ICC medido no hidrômetro.....	41
Tabela 5.4 – Cenários utilizados.....	44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Exemplo de rede ramificada.....	4
Figura 3.2 - Rede ramificada espinha de peixe.....	5
Figura 3.3 - Rede ramificada com traçado em grelha.....	5
Figura 3.4 - Esquema de rede em blocos.....	5
Figura 3.5 - Sistema de distribuição direta.....	6
Figura 3.6 - Sistema de distribuição indireta.....	6
Figura 3.7 - Sistema predial indireto com bombeamento.....	7
Figura 3.8 - Balanço hídrico, modelo <i>IWA</i> .....	9
Figura 3.9 – Técnico procurando vazamento por meio do geofonamento.....	11
Figura 3.10 - Cruz de Lambert para combate as perdas d'água reais.....	12
Figura 3.11 - Cruz de ataque às perdas aparentes.....	13
Figura 3.12 - Manômetro de peso morto.....	15
Figura 3.13 - Manômetro de Coluna Líquida.....	15
Figura 3.14 - Manômetro de Bourdon.....	16
Figura 3.15 - Tipos de medidores.....	18
Figura 3.16 - Mapa da rede de distribuição de água do Campus Darcy Ribeiro.....	21
Figura 4.1 – Castelo d'água.....	25
Figura 4.2 – Croqui do reservatório Castelo D'água.....	26
Figura 4.3 – Corte Castelo D'água (reservatório superior e inferior).....	27
Figura 4.4 - Localização dos reservatórios proposto pelo CEPLAN.....	29
Figura 4.5 - Manômetro analógico instalado no cavalete do hidrômetro do ICC.....	31
Figura 4.6 - Manômetro Datalogger instalado no cavalete do hidrômetro do ICC.....	32
Figura 5.1 - Volume de Projeto ICC.....	35
Figura 5.2 -Traçado da rede que liga o Castelo D'água ao ICC .....	36
Figura 5.3 – Curvas de nível entre o Castelo D'água e o ICC.....	37
Figura 5.4 - Simulação da rede Castelo D'água ao ICC.....	38
Figura 5.5 – Volume de Projeto FT.....	39
Figura 5.6 – Perfil do reservatório vertical.....	41
Figura 5.7 – Variação de pressão ICC Sul.....	43
Figura 5.8 - Variação da pressão ICC Norte.....	43
Figura 5.9 - Variação da pressão ICC Sul.....	44
Figura 5.10 – Foto das tubulações de alimentação do ICC.....	46

Figura 5.11 – Foto com exemplo de derivação da tubulação de 3 pol.....	46
Figura 5.12 - Simulação Cenário 1.....	48
Figura 5.13 - Simulação Cenário 2.....	49
Figura 5.14 - Simulação Cenário 3.....	51
Figura 5.15 - Simulação da Rede Atual do ICC com a menor pressão necessária para seu funcionamento.....	53
Figura 5.16 – Consumo de água do ICC .....	54
Figura 5.17 – Consumo de água da FT... ..	55
Figura 5.18 – Consumo de água do SG-10.....	56
Figura 5.19 – Consumo de água do SG-4.....	57



## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**ABES** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

**ADASA** – Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal

**CAESB** – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

**CEPLAN** – Centro de Planejamento Oscar Niemeyer

**ENC** - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

**FT** – Faculdade de Tecnologia

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ICC** – Instituto Central de Ciências

**IWA** – International Water Association

**UNB** - Universidade de Brasília

**VRP** - Válvula Redutora de Pressão

## 1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável para manutenção da vida e também essencial para o desenvolvimento de diversas atividades desenvolvidas pela sociedade. Diante disso, sua escassez gera vários problemas socioambientais, tais como: racionamento de água, que representa uma redução de qualidade de vida para a população; perda de qualidade e produtividade nas lavouras devido à irrigação abaixo do normal que, por consequência, eleva o preço dos alimentos; prejuízo para empresários que não conseguem abrir seus estabelecimentos em dia de rodízio, dentre outros.

De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015), as perdas na rede de distribuição no Brasil chegam próximas de 40% do total produzido, valor muito acima dos registrados em países como Estados Unidos, que apresenta perdas na faixa de 13% da quantidade produzida.

Associada a essas perdas de água, o próprio crescimento populacional gera mais demanda do sistema. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre 2010 e 2017, a população do Distrito Federal aumentou 18,2% em sete anos. Com mais pessoas morando na cidade o consumo de água também tende a aumentar, o que foi revelado por levantamento da CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do DF - de 2010 a 2015, o consumo de água nas residências do Distrito Federal aumentou 16%, passando de 129,4 milhões de metros cúbicos por ano para 150,2 milhões de metros cúbicos por ano.

Nesse contexto, a escassez de chuva e o crescimento populacional desorganizado aliados ao aumento do consumo e elevadas perdas, fez com que o Distrito Federal, passasse por um racionamento de água, que começou em janeiro de 2017 e terminou junho de 2018. Dados da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), mostram que quando o racionamento teve início, a capacidade da Barragem do Descoberto chegava a 19,1% e a de Santa Maria estava em 41% do seu volume útil. Por sua vez, quando o racionamento teve fim, o volume útil do Descoberto estava em 92,7% e Santa Maria estava com 59,9% de volume útil.

Conjuntamente com essa crise hídrica, o campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília enfrenta problemas de perdas em seu sistema de abastecimento de água, prejudicando a distribuição para os usuários. Essas perdas são ocasionadas, dentre

outros motivos, pela elevada idade das tubulações da rede de distribuição, o que as tornam frágeis, favorecendo o surgimento de trincas e vazamentos. Vale destacar que as perdas no campus Darcy Ribeiro da UnB vêm diminuindo devido às diversas precauções que já foram e estão sendo tomadas. No entanto, essas perdas ainda são altas e causam grandes prejuízos financeiros para a instituição (Matos e Lopes, 2016).

Outro problema que está prejudicando o funcionamento adequado de abastecimento de água no campus é a ausência de reservatórios d'água nos prédios. O Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília é abastecido diretamente pela rede da CAESB. Este fato é um problema, pois torna o sistema de abastecimento do campus vulnerável a imprevistos, uma vez que um problema na rede pode impossibilitar seu funcionamento deixando diversas edificações do campus sem água, o que não ocorreria se cada uma delas tivesse sua própria caixa d'água.

Além disso, outra complicação encarada pelo abastecimento de água no Campus é a pressão na rede. Por ser ligada diretamente à rede da CAESB, em certos pontos, a pressão é muito alta e isso faz com que equipamentos hidrossanitários liberem mais água que o necessário, além de romper as tubulações, acarretando em desperdício. Esse problema pode ser amenizado com a utilização de válvula redutora de pressão, sendo esta uma alternativa econômica para reduzir o número de vazamentos nas redes de distribuição e nos ramais prediais.

O presente trabalho realiza um estudo prévio de reservação de água para lidar com os problemas de alta pressão nos prédios que não possuem reservatórios e são abastecidos de forma direta pela CAESB. Também é feito um estudo do histórico de consumo de água das edificações do Campus a fim de identificar locais com possíveis vazamentos. Este trabalho está dividido em objetivos, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussão e conclusão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Propor medidas que aumentem a resiliência e eficiência do abastecimento de água do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, com foco especial no Instituto Central de Ciências (ICC), uma vez que esta edificação é muito extensa e concentra maior parte dos alunos da Universidade e, conseqüentemente, é o prédio com maior consumo de água do Campus.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A seguir são listados os objetivos específicos que servirão para alcançar os objetivos gerais:

- Determinar as capacidades de reservatórios que servirão para abastecimento e reserva de consumo de algumas edificações, tais como: Instituto Central de Ciências, Faculdade de Tecnologia, Faculdade de Educação, entre outras;
- Avaliar a viabilidade de utilizar o reservatório Castelo D'água, que está desativado, para abastecer o ICC;
- Verificar as pressões existentes na rede do Instituto Central de Ciências (ICC) e propor formas de controle dessas pressões;
- Identificar e sugerir locais críticos para monitoramento de perdas d'água no campus Darcy Ribeiro/UnB;

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água em uma comunidade é uma composição de obras, serviços e equipamentos que vão desde a captação ao fornecimento de água potável para fins de consumo doméstico, industrial, serviços públicos e outros usos (SABESP, 2009). A Agência Reguladora de Água e Saneamento do Distrito Federal (ADASA) define que as finalidades de um sistema de abastecimento são: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. De acordo com Heller e Pádua (2010), sistemas urbanos de abastecimento de água são projetados para satisfazer as mais diversas necessidades de usos de água, tais como uso doméstico, comercial e industrial.

A rede pode ser dividida em condutos principais e secundários. Os primeiros geralmente possuem maior diâmetro e são responsáveis por conduzir a água da estação de tratamento aos condutos secundários, que por sua vez são ligados diretamente na edificação (Tsutiya, 2006).

Existem várias classificações de rede, Martins (1987) as especifica como ramificadas, “espinha de peixe”, grelha e rede em blocos conforme mostrado, respectivamente, nas Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. Na rede do tipo ramificada e espinha de peixe há um conduto principal central a partir do qual partem outros condutos secundários. Essas redes são recomendadas para utilização em áreas com desenvolvimento linear.

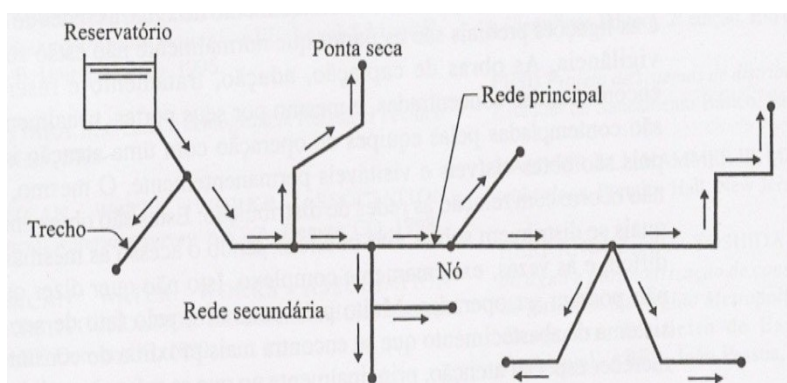


Figura 3.1 - Exemplo de rede ramificada. (Fonte: Tsutiya, 2006).

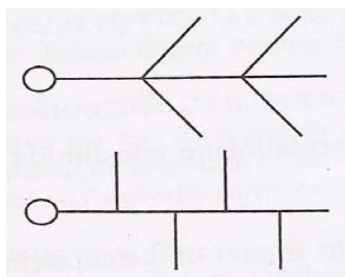


Figura 3.2 - Rede ramificada espinha de peixe. (Fonte: Tsutiya, 2006).

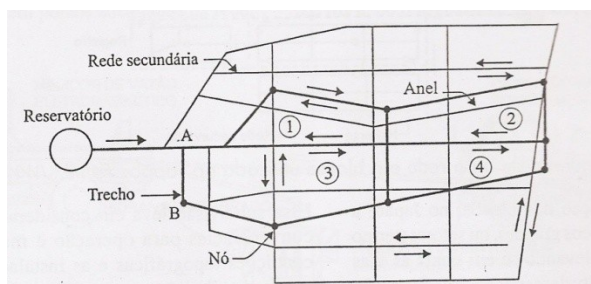


Figura 3.3 - Rede ramificada com traçado em grelha. (Fonte: Tsutiya, 2006).

Além da rede em “espinha de peixe” e em grelha, Tsutiya (2006) ainda classifica rede malhada e rede mista, sendo esta última um tipo de rede mais atual. A rede malhada é mais eficiente devido sua arquitetura possibilitar que qualquer ponto do sistema seja abastecido por mais de um caminho, o que garante maior flexibilidade e segurança de distribuição de água.

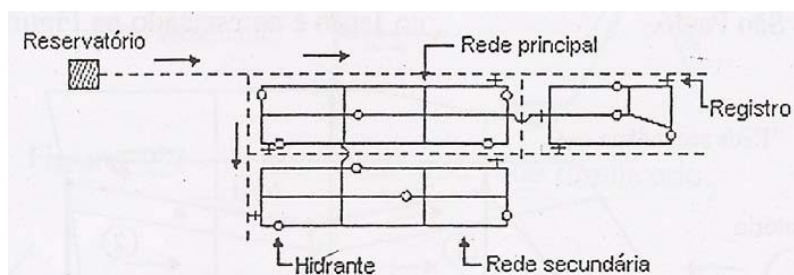


Figura 3.4 - Esquema de rede em blocos. (Fonte: Tsutiya 2006).

Tsutiya (2006) ainda classifica a rede malhada como sendo malhada em anéis e malhada em blocos. Para o autor, a rede malhada em blocos é ainda mais eficiente, ao passo que dá a oportunidade de haver um controle mais preciso da pressão e uma eficiência maior na distribuição, aproveitando melhor os espaços e diminuindo a área desabastecida. Os blocos grandes são subdivididos em médios e pequenos facilitando operação e manutenção do sistema. Este tipo de rede facilita o controle de perdas no sistema.

### 3.2 SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO PREDIAL

As principais instalações hidráulicas prediais são as de água pluvial, água fria, água quente, esgotos sanitários e de combate a incêndio. Tendo em vista a função a que se destina, a rede de distribuição recebe as seguintes denominações ao longo de seu trajeto: sub-ramais, ramais, colunas de distribuição e barriletes. Os barriletes são as tubulações que se originam nos reservatórios; dos barriletes derivam-se as colunas, e dessas os ramais. Os sub-ramais fazem a ligação final entre o ramal e a peça de utilização (ABNT, 1998).

O sistema de distribuição predial pode ser feito de forma direta ou indireta. No sistema de distribuição direta (figura 3.5), todos os aparelhos e torneiras são alimentados diretamente pela rede pública ou privada, sem haver reservatórios. Já no sistema indireto, todos os aparelhos e torneiras são alimentados por um reservatório que armazena a água vinda da rede.

Há situações em que é utilizado um sistema misto de abastecimento (figura 3.6), no qual parte dos aparelhos são abastecidos de forma direta e parte de forma indireta. Esse tipo de abastecimento é muito utilizado em residências térreas onde o tanque, torneira de jardim ou máquina de lavar roupas são abastecidos diretamente pela rua, enquanto o resto dos aparelhos (chuveiros, descargas, etc) são abastecidos pelo reservatório superior. (Martins & Tomaz, 2000).

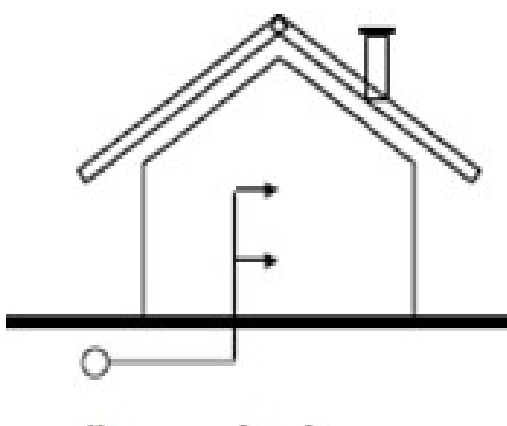


Figura 3.5 - Sistema direto. (Fonte: Salgado, 2011)

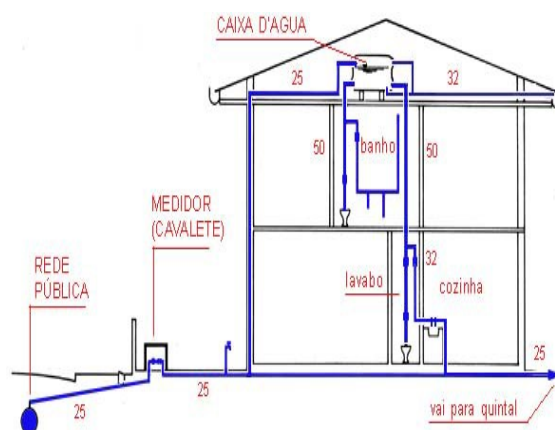


Figura 3.6 - Sistema misto. (Fonte: Tsutiya, 2006)

O abastecimento direto sem bombeamento possui algumas vantagens, como por exemplo o fato do edifício não necessitar de um reservatório, o que gera economia, reduz o espaço físico e acima de tudo em economia da energia elétrica, além de alívio

das cargas na estrutura predial. Entretanto, a interrupção no fornecimento de água devido à necessidade de manutenção e o fornecimento sem a pressão constante são fatores que tornam essa opção de abastecimento desinteressante.

Com relação ao sistema indireto por gravidade, uma das vantagens encontradas é o armazenamento de água para o suprimento contínuo. Porém, a manutenção do reservatório geralmente tem que ser feita a cada seis meses, sem contar o maior carregamento na estrutura predial.

Segundo Creder (2006), em grandes edifícios, recomenda-se a utilização de um reservatório inferior e um reservatório superior, distribuindo o volume armazenado para um alívio de carregamento estrutural. Assim, a água do reservatório inferior deve ser bombeada ao reservatório superior, de onde a água então passa a ser distribuída por gravidade. O abastecimento indireto também pode contar com um sistema hidropneumático, dispensando o reservatório superior.

O sistema hidropneumático (Figura 3.7) utiliza um equipamento para pressurização de água a partir de um reservatório inferior, abastecido pela rede pública. Sua adoção deve ser somente quando há necessidade de pressão em determinado ponto da rede, que não pode ser obtida pelo sistema convencional (pressão por gravidade). É o caso de pontos no último pavimento, logo abaixo do reservatório, ou pressão específica para determinados equipamentos industriais, ou ainda, quando não convém construir um reservatório superior (Creder, 2006).

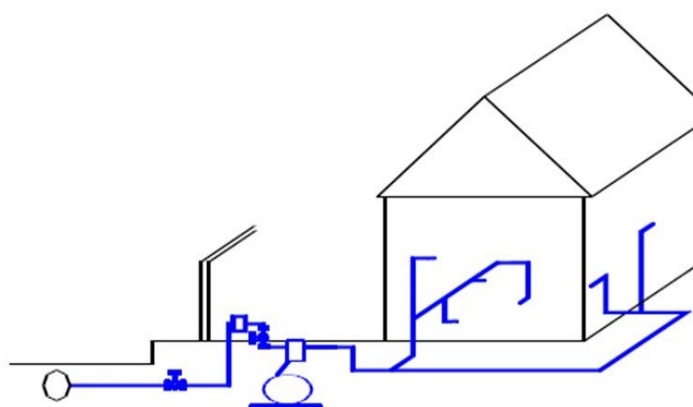


Figura 3.7 - Sistema hidropneumático.



### 3.3 PERDAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015) estima que os valores médios de perdas no Brasil chegam perto dos 40%. Este elevado índice de perdas de água reduz o faturamento das empresas e, conseqüentemente, sua capacidade de investir e obter financiamentos. Além disso, gera danos ao meio ambiente com esgotamento das reservas de água na medida em que as empresas de saneamento buscam novos mananciais para suprir o aumento de consumo inerente ao aumento populacional.

As perdas no sistema de abastecimento de água podem ser definidas como “perda de água física” ou “real” e “perda de água comercial” ou “aparente”. A primeira ocorre quando o volume de água disponibilizado no sistema de distribuição pelas operadoras de água não é utilizado pelos clientes, sendo perdido antes de chegar às unidades de consumo. Já a perda comercial ou aparente, acontece quando o volume de água é efetivamente consumido, mas não é devidamente faturado, sendo o consumo cobrado de forma inadequada (Gonçalves & Alvim, 2007).

Um sistema de abastecimento absolutamente estanque, ou seja, sem nenhuma perda, é teoricamente possível, porém, impraticável ao decorrer do tempo. O sistema pode admitir uma pequena parcela de vazamento, tendo em vista a questão financeira, pois seria muito caro executar uma obra com tecnologias e materiais que viabilizassem 0% de perda do sistema de água.

A *International Water Association (IWA)*, procurando padronizar o entendimento das perdas dos usos da água em um sistema de abastecimento, criou uma matriz, mostrada na Figura 3.8, que representa o Balanço Hídrico no qual se inserem os dois tipos de perdas mencionados anteriormente. Um Balanço Hídrico bem efetuado é fundamental para as avaliações das perdas de água.

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa, etc)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas, etc)	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento (quando aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			Vazamentos nos ramais (a montante do ponto de medição)	

Figura 3.8 – Balanço Hídrico, modelo *IWA*, com definição do conceito de perdas. (Fonte: *International Water Association*, 2002)

Um dos grandes problemas do sistema com vazamentos é a possibilidade de entrada de contaminação para o interior da tubulação. Existe a possibilidade de ocorrência de pressão manométrica negativa no sistema e entrada de água do subsolo, provenientes de galeria de esgotos e águas pluviais ou de água de saturação do solo (Morand, 1971).

Diversos fatores contribuem para o aparecimento de perdas, dentre os quais se destacam (Farley, 2001, *apud* Itonaga, 2005):

- As características do solo;
- A baixa qualidade dos materiais componentes e da mão-de-obra utilizada, tanto na construção quanto na operação e manutenção;
- O carregamento pelo tráfego de veículos;
- O movimento do solo;
- A distribuição de pressão na rede;
- Os transientes hidráulicos;
- O estado da tubulação;
- A idade da rede; e
- O método de controle de vazamento.

Nas redes de distribuição, os vazamentos ocorrem de forma semelhante às adutoras quando se trata da rede principal, isto é, os vazamentos ocorrem principalmente devido

a fatores como pressão de água, que pode causar fadiga e fratura nas tubulações. Já nos ramais de ligação, a principal causa de perdas se dá pelo uso de materiais inadequados e a existência de ligações clandestinas. Por sua vez, nas unidades consumidoras, as perdas podem ocorrer através do desperdício de usuários sem hidrômetro, das perdas por submedição e desvio fraudulento dos hidrômetros por *by-pass*. Estas perdas ocorrem muitas vezes devido à falta de manutenção corretiva e preventiva dos hidrômetros instalados e/ou superdimensionamento desses mesmos hidrômetros.

A velocidade de escoamento da água influencia diretamente na perda de água do sistema, sendo que quanto maior a velocidade maior a perda de carga. Logo, em sistemas que possuem velocidade alta, a pressão que deve ser disponibilizada no início do sistema deve ser superior à pressão que seria necessária caso a velocidade fosse menor, ocasionando perdas superiores de água por vazamentos.

Assim, a NBR 12218/2017 estabelece que a velocidade mínima do escoamento nas tubulações de ser de 0,6 m/s, e a máxima de 3,0 m/s. Porém, segundo Itonaga (2005), considera-se que uma velocidade máxima em torno de 2 m/s deve ser utilizada para a rede primária, o que permitiria a operação com pressões mais estáveis no sistema.

Gonçalves e Alvim (2007) apresentam algumas metodologias para pesquisas de vazamentos não visíveis, a depender das características e condições do sistema de distribuição de água. Para sistemas de cidades de pequeno porte, em que não há disponibilidade de informações específicas e não há um sistema de medição adequado, pode ser feita uma varredura da rede. Essa metodologia não é precedida de qualquer tipo de análise das condições da rede e simplesmente é realizada uma pesquisa acústica em todo o sistema. No entanto, há um grande desperdício de tempo e recursos com pesquisas em trechos de redes que estão em bom estado. Portanto, a opinião dos autores é de que não é uma metodologia eficiente.

Outra metodologia sugerida por Gonçalves e Alvim (2007) é uma pesquisa não baseada em medição. Essa metodologia pode ser aplicada em operadoras que não possuem micromedidores, macromedidores ou setores que possam definir áreas críticas nem localização das perdas por vazamentos não visíveis nas redes de distribuição.

Para aplicação desta metodologia é feito um levantamento e mapeamento dos setores da rede de distribuição segundo alguns dados de pesquisa referente às características de

vários segmentos da rede. Devem-se levantar em quais setores da rede há grande incidência de ordens de serviços relativas a reparo de vazamentos, mapear a rede por faixas de pressões identificando onde há pressões altas, definir quais os trechos mais antigos e em quais há possibilidade de serem feitos com materiais de qualidade duvidosa, definir se há partes da rede assentados sobre berços inadequados e sondar por solos de má qualidade em que possam haver recalques. Com esse mapeamento da rede, podem-se identificar locais prioritários para os trabalhos de escuta ou geofonamento (Figura 3.9) que identificam vazamentos locais.



Figura 3.9 – Técnico procurando vazamentos por meio do geofonamento.

### **3.4. CONTROLE DE PERDAS**

No que tange à redução do índice de perdas d'água, várias são as metodologias existentes, cada qual com sua abordagem e com seu impacto na cultura organizacional. Atualmente, as empresas vêm adotando, como forma de minimizar as perdas em um sistema, a utilização de novos materiais para ligação entre tubulações, hidrômetro de baixa capacidade, bóia biestável, telemetria digital, entre outras tecnologias (Funasa, 2014).

A melhoria do material é um dos primeiros passos a serem tomados. A substituição lenta e paulatina, mas persistente e continuada, dos ramais e peças defeituosas, instaladas na rede, complementada por um programa bem estudado de renovação e substituição das tubulações distribuidoras, conduzirá, num prazo não muito longo, à meta almejada” (Tsutiya, 2006).

“Nielsen *et al.* (2003) apontam que a medição adequada do consumo provoca uma reação comportamental no usuário. Segundo Morand (1971), somente a implantação do hidrômetro permite a identificação do desperdício. Baseando-se nos consumos registrados, o usuário pode ser alertado do problema e corrigir o defeito que estiver provocando o excesso de consumo ou disciplinar o uso da água a fim de ter suas contas diminuídas” (Virgolim, 2010).

Por sua vez, Gonçalves (1998) afirma que o controle de perdas físicas deve consistir de atividade de gerenciamento e redução de pressão em conjunto com o monitoramento da vazão mínima noturna. Este autor afirma que a vazão noturna é o principal indicador do nível de perdas em um setor, principalmente em área residencial, onde o consumo noturno é muito baixo.

As perdas em um sistema de abastecimento de água podem ser definidas como perda real e perda aparente. Com relação à primeira, Lambert desenvolveu uma cruz com as principais ações estratégicas que devem ser adotadas para o combate a perdas reais, esta cruz é mostrada na Figura 3.10.

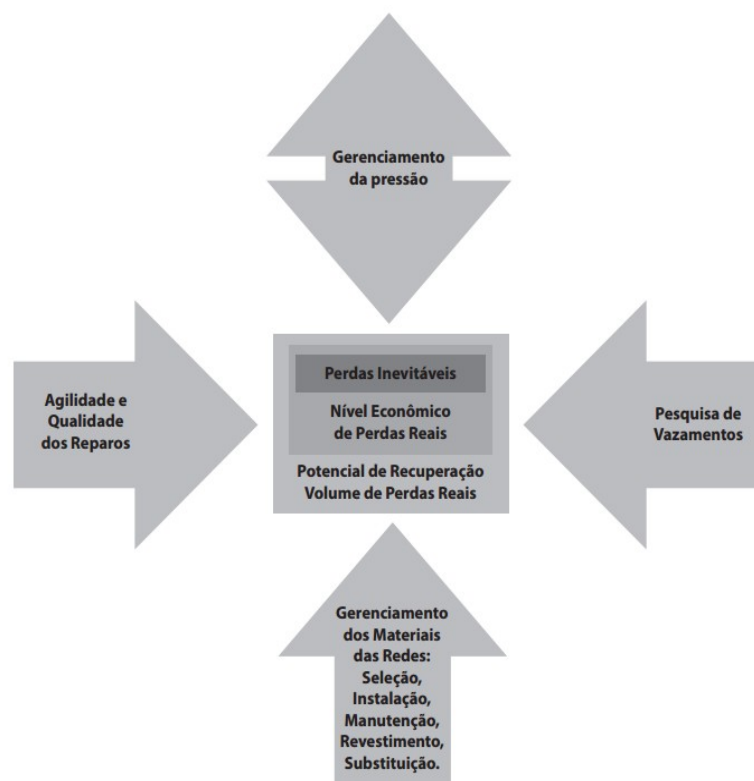


Figura 3.10- Cruz de Lambert para combate as perdas d'água reais.

Com relação às perdas aparentes, diferentemente das perdas reais, os componentes são diferentes e, por consequência, as ações de combate também devem ser diferentes. Nesse contexto, similarmente à cruz de Lambert, também se criou a cruz de estratégia de ataque às perdas aparentes mostrada na Figura 3.11.

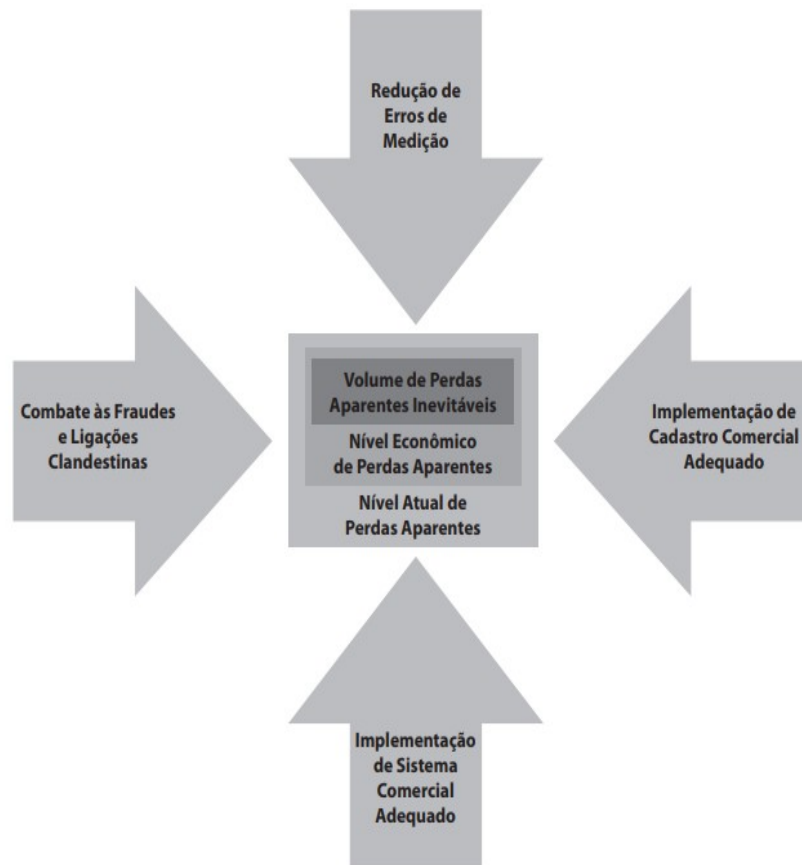


Figura 3.11 – Cruz de ataque às perdas aparentes.

### 3.5. PRESSÃO NA REDE

As perdas têm relação direta com a pressão em um sistema de abastecimento de água. Assim sendo, o autor Gonçalves (1998) sugere que o monitoramento e o controle das pressões é uma das formas mais imediatas de reduzir perdas. Durante o dia, enquanto o consumo é alto, a pressão no sistema diminui. À noite, quando o consumo diminui, a pressão aumenta e, consequentemente, os vazamentos também aumentam.

Segundo Lambert *et al.* (1998, *apud* Itonaga, 2005), o gerenciamento de pressões é um elemento importante de controle de perdas, sendo que o melhor meio para reduzir vazamentos inerentes, sem substituir toda a rede, é reduzir a pressão do sistema e reduzir perdas nas instalações domiciliares ligadas diretamente à rede.

Há também outros métodos eficazes, são eles: controle ativo de vazamento, periodicidade e qualidade dos reparos, gerenciamento da infraestrutura, entre outras (Copasa, 2003 *apud* Gonçalves & Lima, 2007).

Quando a importância das pressões é conhecida os projetos de redes de distribuição realizam-se de forma cuidadosa a fim de evitar que as pressões médias operacionais sejam muito elevadas. Uma das formas de reduzir esse problema é utilizar válvulas redutoras de pressão (VRP) para controlar limites máximos de pressão na rede e diminuir perdas. Essas válvulas devem garantir as pressões máximas permitidas para os consumidores finais (Gonçalves & Lima, 2007).

Segundo Capener e Ratcliffe (1994, *apud* Itonaga, 2005) 25 m.c.a seria a pressão máxima desejável em um ponto de controle. Entretanto, questões como feições topográficas podem elevar esse valor de pressão tolerada para no máximo 75 m.c.a. Já segundo Conejo et al.(1999, *apud* Itonaga, 2005), é de fundamental importância a manutenção das pressões na rede em uma faixa da ordem de 10 a 30 m.c.a.

Por outro lado, a norma técnica NBR12218/2017 estabelece uma zona de pressão que deve ser respeitada em projetos. A pressão estática máxima deve ser de 400 kPa (40 m.c.a) e a pressão dinâmica mínima de 100kPa (10mca). Valores fora dessa faixa de pressão são aceitos pela norma somente se forem justificados técnica e economicamente.

O controle de pressão possibilita: redução do volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados; redução da frequência de rompimentos de tubulações e consequentes danos que têm reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados aos usuários de ruas e estradas; redução dos consumos relacionados com a pressão da rede, como por exemplo, a rega de jardins (Gonçalves & Lima, 2007, 2007).

### **3.6 MEDIDORES DE PRESSÃO NA REDE**

Como exposto no capítulo anterior, a pressão tem grande influência nos níveis de perdas em um sistema de abastecimento de água, portanto, sua medição é imprescindível para o controle dessas perdas.

Um dos instrumentos utilizados para medir e indicar a intensidade de pressão da água e fluídos em geral é o manômetro, que pode ser analógico ou digital. Existem quatro tipos de manômetros, são eles: manômetro de peso morto (Figura 3.12); manômetro de coluna líquida (Figura 3.13); manômetro por deformação elástica (Figura 3.14) e manômetros eletro-eletrônicos (Tipler, P.A, 1995).

O manômetro de peso morto é utilizado na calibração de outros medidores de pressão devido sua precisão. A pressão é obtida pela colocação de massas pré-determinadas e padronizadas sobre um êmbolo de área conhecida. A partir do conhecimento da massa e da área é possível calcular a pressão exercida (Tipler, P.A, 1995).

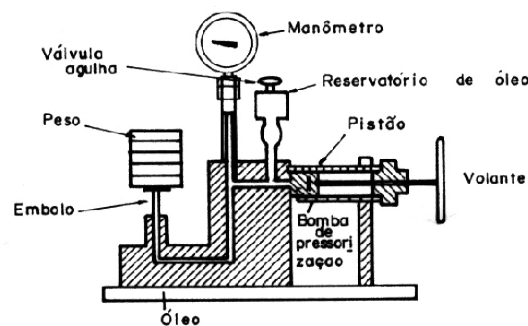


Figura 3.12 – Manômetro de Peso Morto

Sobre os manômetros de coluna líquida, é importante destacar que eles possuem uma grande vantagem que é a de não necessitar de calibração, desde que possa se garantir a densidade do líquido manométrico e a exatidão da escala que mede a altura da coluna. Contudo, estes manômetros estão sendo progressivamente substituídos por conta de utilizarem um líquido mais denso que a água, como é o caso do mercúrio metálico, o qual pode vazar para o interior da tubulação, provocando contaminações (Tipler, P.A, 1995).



Figura 3.13 – Manômetro de Coluna Líquida

Por sua vez, o manômetro por deformação elástica usa a deformação de um elemento sob pressão para mover um ponteiro, normalmente com engrenagens intermediárias



para amplificação. Um exemplo desse tipo de manômetro é o Manômetro de Bourdon, o qual a articulação e a engrenagem em setor transmitem a deformação do tubo de Bourdon à engrenagem central através de um movimento giratório de pequena dimensão. Essa engrenagem central amplifica o movimento giratório movimentando o ponteiro, e a escala relaciona a posição do ponteiro com a pressão manométrica (Tipler, P.A, 1995).

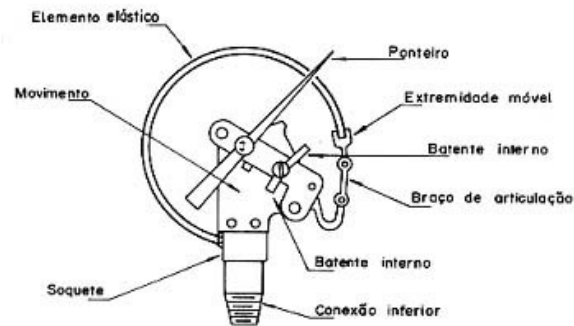


Figura 3.14 – Manômetro de Bourdon

### 3.7 CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água em uma comunidade é afetado por vários fatores. O tamanho da cidade é um fator importante e tem influência direta da magnitude da população, de fatores de desenvolvimento urbano, e de fatores como irrigação, lavagem de ruas, incêndios e serviços públicos, que são maiores quanto maior for a cidade (Morand, 1971; Yassuda & Nogami, 1987).

Dacach (1975) aponta os mesmos fatores de influência e acrescenta ainda que as zonas urbanas de classe social mais elevada têm outras necessidades que aumentam o consumo per capita. Esses autores reiteram que não somente o tamanho, mas as características da comunidade alteram o consumo médio da mesma. As principais atividades desenvolvidas pela cidade definem seu perfil de consumo, como atividades administrativas, comerciais, industriais, universitárias, militares, religiosas, balneárias e esportivas.

Morand (1971), Dacach (1975), Yassuda e Nogami (1987) compartilham a mesma opinião quanto à influência do consumo individual em relação ao todo da população. Tal consumo varia de acordo com a educação, hábitos de higiene, classe econômica, clima e proximidade de praias.

Morand (1971) defende que a boa qualidade da água também tem influência no consumo, já que inspira confiança ao usuário, enquanto que a má qualidade da água é rejeitada para o consumo em questões de quantidades. Dacach (1975) afirma que quando é melhorada a qualidade da água por tratamento, registra-se o aumento do consumo.

Conforme estudo de Santana e Kiperstok (2010), o consumo de água está intrinsecamente relacionado aos usos específicos (laboratórios, restaurantes, etc.), tipologia das edificações, a quantidade de pessoas que frequentam o edifício, ao processo construtivo das suas instalações hidráulicas, patologias e condição de manutenção das mesmas.

Além dos tipos de uso, o custo da água, tarifada pela concessionária local, segundo Morand (1971), influencia no consumo do usuário de forma direta. Quanto menor o valor da tarifa, mais água o consumidor utilizará. Por outro lado, em edificações públicas, como escolas e universidades, onde o usuário não é responsável diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento de água, ocorre uma tendência a um maior desperdício de água (Ilha *et al*, 2008).

A modalidade de suprimento de água, para Dacach (1975), é também um fator de influência, pois há uma distinção entre a rede pública e a rede rudimentar. A rede pública oferece quantidade e qualidade satisfatórias, dentro de casa, para a comodidade do usuário, suprimindo sua necessidade com eficiência. Este consome mais água do que aquele usuário que é abastecido por uma rede rudimentar. A água, nesse caso, muitas vezes é conseguida com dificuldade, a um preço alto e sem garantia de qualidade. O usuário, portanto, consome menos que aquele suprido pela rede pública.

A medição do consumo é outro fator de influência citado por Morand (1971) e Yassuda e Nogami (1987), pois o usuário só toma conhecimento do seu consumo e dá importância a ele caso haja uma medição adequada. A mesma opinião é expressa também por Nielsen *et al.* (2003) para os quais a medição realizada influencia o comportamento do usuário. Quanto mais cara sua conta de água, mais disciplina ele terá com relação ao seu uso.

### 3.8 MEDIDORES DE CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água de um sistema de abastecimento pode ser expresso por volumes ou por histogramas de consumo, ou seja, gráficos da vazão medida por um tempo determinado (NIELSEN *et al.*, 2003). O volume de água é medido por meio de equipamentos específicos. É muito importante que tal medição seja feita da forma mais correta e precisa possível a fim de representar o real consumo de água de um determinado local.

Segundo Heller e Pádua (2010), como consequência da expansão urbana nas médias e grandes cidades, o consumo de água tem apresentado índices elevados, principalmente, devido a este crescimento populacional e industrial sem planejamento e também devido a falta de infraestrutura adequada, bem como pelo aumento do volume de perdas nos sistemas de abastecimento. Nesse contexto, é de suma importância realizar a medição do consumo de água para que haja um maior controle do desperdício e uma melhor distribuição para os consumidores.

O hidrômetro é o aparelho destinado a medir e indicar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora. Este equipamento possui um mecanismo de relojoaria que registra, em um mostrador, os volumes escoados. Geralmente fica instalado no cavalete (SABESP, 2009). Há vários tipos de hidrômetros no mercado: volumétricos; velocimétricos; woltmann; ou medidores compostos. Cada medidor utiliza uma forma diferente para medir a água que passa por ele.

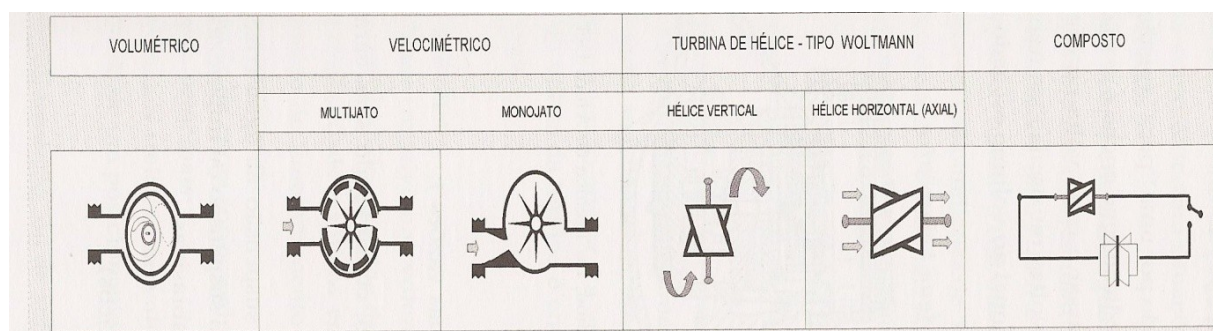


Figura 3.15 – Tipos de Medidores (Fonte: NIELSEN ET AL., 2003).

O medidor de água volumétrico mede o volume de água que passa por ele. O fluxo de água que passa pelo filtro na entrada do medidor chega em uma câmara de medida. Devido à diferença de pressão entre a entrada e a saída do medidor, um êmbolo se

movimenta, medindo o volume exato de água que passa através do hidrômetro (RECH, 1999). Segundo este autor, o medidor volumétrico tem uma boa precisão, porém impurezas podem causar sua paralisação ao entrar no hidrômetro.

Por outro lado, no medidor de água velocimétrico a água passa por orifícios, formando jatos d'água. Tais jatos atingem uma turbina, provocando sua movimentação. Quanto maior a vazão da água que passa pelo medidor, maior a velocidade de ataque às palhetas da turbina. O número de voltas das palhetas da turbina é proporcional à velocidade de escoamento da água (Nielsen *et al.*, 2003).

Segundo Nielsen o hidrômetro do tipo velocimétrico pode ser Unijato ou Mutijato, ou seja, um jato ou mais de água pode atingir a turbina provocando a sua movimentação. Rech (1999) define o hidrômetro velocimétrico também como sendo hidrômetro taquimétrico, uma outra nomenclatura dada ao mesmo tipo de medidor.

Nielsen *et al.* (2003) trazem ainda um outro tipo de medidor de turbina de hélice, o medidor *woltmann*. Esse medidor também mede a velocidade da água, porém o sistema interno é um pouco diferente. A turbina de hélice fica alojada em um anel cilíndrico e a água passa através desse anel, fazendo a turbina de hélice girar. Esse hidrômetro necessita de trechos retos a jusante e montante, pois precisa de boas condições de aproximação. Além disso, é recomendada a instalação de um filtro para impedir que impurezas entupam o aparelho e comprometam a medição. Os autores comentam sobre medidores *woltmann* de hélices horizontais e verticais, sendo ambas utilizadas para a mesma finalidade.

Uma característica básica dos medidores de vazão é a de possuir dois elementos distintos, um primário e um secundário. O elemento primário é um dispositivo do medidor que se encontra diretamente em contato com o fluido, tendo como função transformar a vazão em outra grandeza física mensurável; Já o elemento secundário é um dispositivo responsável pela transformação da grandeza física obtida do elemento primário em informação adequada para leitura, seja no próprio local ou a distância.

Dessa forma, os medidores de água compostos nada mais são que uma associação de um medidor principal e um secundário e válvulas de comutação para operação em paralelo ou de forma alternada (Nielsen *et al.*, 2003). Normalmente, é usado o principal

para medir grandes vazões e o secundário para pequenas vazões, tendo uma faixa de operação bem ampla.

Há ainda novas tecnologias de medição como, por exemplo, hidrômetros eletrônicos e sistemas de telemedição. No hidrômetro eletrônico o fluxo de água que atravessa a câmara de medição faz com que a turbina gire, sensibilizando quatro sensores eletrônicos que são supervisionados por um microcontrolador. Este microcontrolador detecta a quantidade e o sentido do fluxo de água, gerando informações e sinalizações, tais como volume registrado e vazão instantânea, em um mostrador, geralmente digital (Tsutiya, 2006).

Com relação à telemetria, segundo Tsutiya (2006), trata-se de uma ferramenta que permite verificar, por meio de gráficos e tabelas, o comportamento do medidor instalado, bem como o respectivo perfil de consumo apresentado pelo usuário. Adicionalmente, desde que sejam instalados os sensores adequados, também é possível supervisionar variáveis da rede de distribuição, tais como, pressão efetiva em pontos estratégicos e níveis de reservatórios, além da possibilidade de orientar as prestadoras de serviço sobre possíveis vazamentos nas instalações.

### **3.9 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DO CONSUMO E DE PERDAS DE ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO DA UNB**

Apesar do aumento da população na universidade, o consumo de água no Campus diminuiu cerca de 70% nos últimos anos. Em 1992, o número de estudantes na universidade era de 11 mil, enquanto o consumo médio mensal girava em torno de 70 mil metros cúbicos de água. Em 2009, foram gastos em média 19 mil metros cúbicos de água por mês no Campus Darcy Ribeiro, para uma quantidade de estudantes mais que duas vezes maior (Matos e Lopes, 2016).

Mesmo com esta redução os índices de perdas na UnB ainda são elevados e devem ser controlados para se evitar desperdício de água e desperdício de dinheiro público com pagamentos de contas de água altas. Trabalhos realizados sobre o consumo de água na UnB mostram que os grandes problemas estão relacionados principalmente com as altas pressões na rede, acompanhadas da falta de manutenção e elevada idade da rede e equipamentos.



O sistema foi concebido, originalmente, para funcionar como rede interligada com três pontos de alimentação: o Centro Olímpico (CO), Prefeitura do Campus e Castelo d'água cada um com um hidrômetro, que se juntavam em uma malha que abastecia todo o Campus Darcy Ribeiro. No entanto, estudo preliminar das pressões na rede, mostrou que devido à inexistência de válvulas de retenção nos pontos de alimentação, em alguns momentos do dia, o hidrômetro da prefeitura ficava parado ou rodava inversamente, assim, foi feito um seccionamento da rede, criando-se três redes ramificadas independentes (Araújo e Virgolim, 2010)

Contudo, observou-se que a rede de abastecimento da UnB composta pelos 3 ramais resultava em muita sobrecarga no sistema, que gerava elevadas pressões e até mesmo rompimento de canos. Buscando solucionar este problema, ao longo de 2006, foi instalada uma válvula redutora de pressão em cada um dos três ramais. Além disso, em janeiro de 2007 a CAESB instalou o quarto trecho da rede de distribuição de água do campus. Esta medida também buscou aliviar a pressão na tubulação da universidade e proporcionar melhor controle do consumo de água dentro do campus. Atualmente, a Universidade de Brasília é abastecida conforme mostrado na figura 3.16.



Figura 3.16 – Mapa da rede de distribuição de água do Campus Darcy Ribeiro (Ribeiro e Paiva, 2016)

Com o objetivo de reduzir ainda mais o consumo de água, o Laboratório de Projetos de Engenharia Civil e Ambiental criou o Programa de Gestão do Uso Inteligente da Água (Programa GUIA), que foi conduzido pela comissão instituída pela Resolução da Reitoria N°02/2006, para implementar ações de redução de perdas e desperdícios no consumo de água no campus. Este programa realizou estudos que constataram uma grande quantidade de vazamentos negligenciados na rede de distribuição, além de perceber que os alunos não utilizam adequadamente a água devido às más instalações hidráulicas no Campus que geravam elevadas pressões, provocando desperdício de água e mal funcionamento dos equipamentos (Araújo & Virgolin, 2010).

Importante destacar que em 1999 uma lei distrital isentou a UnB de pagar água e energia, porém foi revogada em 2005 devido ao seu caráter inconstitucional. Nesse mesmo ano foi criada uma nova comissão para análise do problema, envolvendo o Departamento de Engenharia Civil (ENC) e o Departamento de Antropologia.

Por outro lado, estudos do ENC de análise de perdas de água no Campus Darcy Ribeiro foram realizados devido à suspeita de que as instalações hidráulicas estavam danificadas devido às altas pressões na rede de distribuição, bem como de vazamentos por falta de manutenção tanto preventiva quanto corretiva. O estudo verificou que as pressões realmente estavam altas, variando de 30 a 86 m.c.a. em um período de 24 horas, além de confirmar a existência de vazamentos generalizados.

Conforme Araújo e Virgolin (2010), no ano de 2005 foram realizadas medidas para redução das perdas, sendo as principais delas a instalação de hidrômetros nas entradas de todos os prédios da UnB pela CAESB, a instalação de válvulas redutoras de pressão na rede, a construção de reservatórios em prédios novos, a construção de um novo tronco de distribuição para melhorar a distribuição das vazões, principalmente atendendo aos novos prédios do campus, além de um estudo do comportamento dos usuários e a determinação de novas estratégias para a redução do consumo.

Estudo recente sobre medidas para redução de perdas, realizado por Matos e Lopes (2016), identificou que no ICC há uma grande variação de pressão gerada pelas oscilações de consumo dentro do prédio. No período noturno, nesse mesmo prédio, verificou-se que a pressão máxima excedia a pressão recomendada pela norma, de 40

m.c.a. Essas altas pressões provocavam mal funcionamento em torneiras e descargas, gerando vazamentos e aumentando as perdas de água.

Em 2016, Matos e Lopes analisaram dados de vazão noturna de 3 prédios do campus Darcy Ribeiro (Faculdade de Tecnologia, SG-12 e ICC). Por meio dessa análise as autoras concluíram que a Faculdade de Tecnologia possuía o comportamento mais anormal dentre os três prédios analisados, o que mostrou indícios de vazamentos, elevando a necessidade de manutenção para identificar as possíveis perdas e reduzir o gastos com o consumo de água.

Além disso, Matos e Lopes (2016) analisaram as contas de água fornecidas pela prefeitura da Universidade de Brasília e constataram consumo elevado nas seguintes edificações: Centro de Excelência em Turismo, Departamento de Música, Centro Comunitário, Complexo de Artes, SG 11, Faculdade de Educação Física, SG 12, Pavilhão Anísio Teixeira, Pavilhão João Calmon, Faculdade de Tecnologia, Reitoria e Centro Olímpico.

Esses índices de vazamento nos prédios do Campus Darcy Ribeiro geram elevadas despesas à União. Só no ano de 2016 estima-se que o desperdício de água por vazamento gerou um incremento total de R\$ 133.457,60 nas contas da UnB (Matos & Lopes, 2016).

Portanto, percebe-se que há uma grande necessidade de se controlar os vazamentos de água no Campus, pois estes geram elevadas despesas econômicas para a prefeitura. Além disso, é notório que os principais problemas da rede de abastecimento de água da UnB são: elevada variação nas pressões, a falta de manutenção preventiva e a idade e material das tubulações.



#### **4. METODOLOGIA**

O presente capítulo aborda as principais etapas que foram desenvolvidas para elaboração deste projeto, o qual tem por finalidade estudar alternativas que permitam o abastecimento contínuo das edificações do campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB) nos dias de interrupção de abastecimento e estudar medidas para a redução das perdas nos sistemas de abastecimento de água do campus.

Nesse sentido, este projeto foi elaborado nas seguintes etapas:

- Determinar a capacidade de reservatórios para abastecimento contínuo das edificações do campus Darcy Ribeiro que são abastecidas de forma direta pela CAESB, tais como: Instituto Central de Ciências, Faculdade de Tecnologia, Faculdade de Saúde, entre outras;
- Avaliação e controle das pressões na rede de abastecimento de água do prédio ICC, visto que esta edificação é muito extensa e possui o maior consumo de água no Campus; e
- Identificação de locais críticos para monitoramento de perdas d'água no campus Darcy Ribeiro.

##### **4.1 ALTERNATIVAS DE RESERVA PARA ABASTECIMENTO CONTÍNUO**

Dentro do campus Darcy Ribeiro uma das edificações que possui extrema importância é o ICC, pois este prédio é frequentado por boa parte os alunos e, por consequência, é responsável pela maior parte do consumo de água do campus, conforme pode ser visto no apêndice 1 - planilhas da série histórica das contas de água.

Uma alternativa para abastecimento indireto do ICC é a introdução do reservatório Castelo D'água, localizado próximo ao Hospital Universitário (HUB). A Figura 4.1 mostra o reservatório que é composto por um reservatório superior e dois reservatórios enterrados. Segundo o Centro de Planejamento Oscar Niemeyer (CEPLAN), o volume do reservatório superior é de 223,5 m<sup>3</sup> e dos dois reservatórios subterrâneos somados é de 920 m<sup>3</sup>, totalizando 1143,5 m<sup>3</sup>.



Figura 4.1 – Castelo D'água

A introdução de um reservatório à rede do ICC seria uma oportunidade para controlar as pressões da rede e ainda reservar água para possíveis problemas no fornecimento de água pela CAESB, além de garantir uma maior segurança hídrica do prédio para possíveis dias de racionamento em Brasília.

Para concluir se há viabilidade de uso do Castelo D'água como reservatório para abastecimento do ICC é necessário definir a carga hidráulica disponível, estimar a vazão de consumo do ICC e o o traçado da tubulação que ligará o Castelo ao ICC.

Além disso, é preciso também estimar a perda de carga nesta nova tubulação e, por fim, estimar a perda de carga presente na rede do ICC de forma que a carga hidráulica disponível seja suficiente para vencer as perdas e abastecer toda a edificação.

A definição dos critérios de dimensionamento é abordada detalhadamente no subitem 5.2. Na figura 4.2 e Figura 4.3 é mostrado um corte do Castelo D'água com suas respectivas medidas.

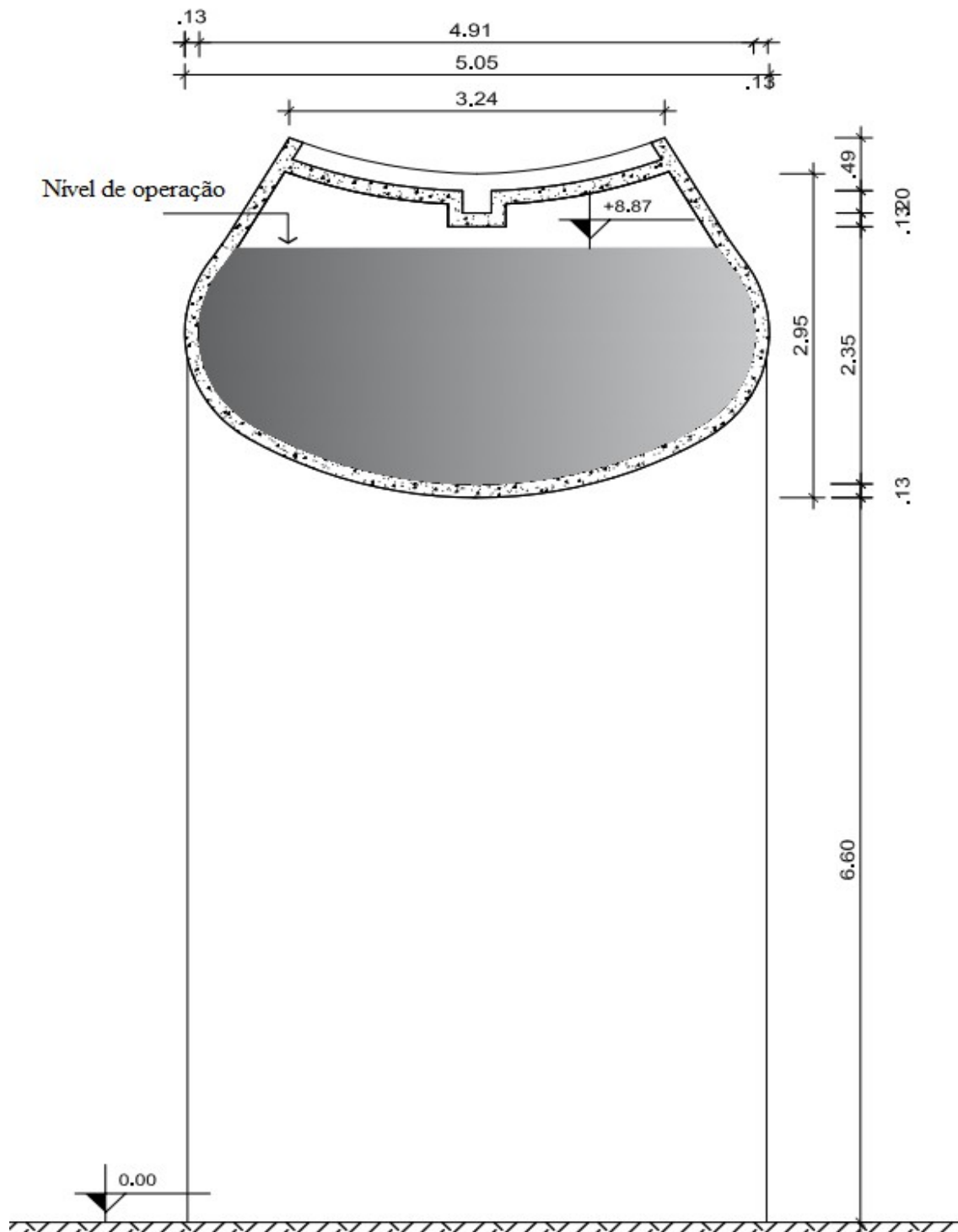


Figura 4.2 – Corte do reservatório Castelo D'água (Fonte: CEPLAN).

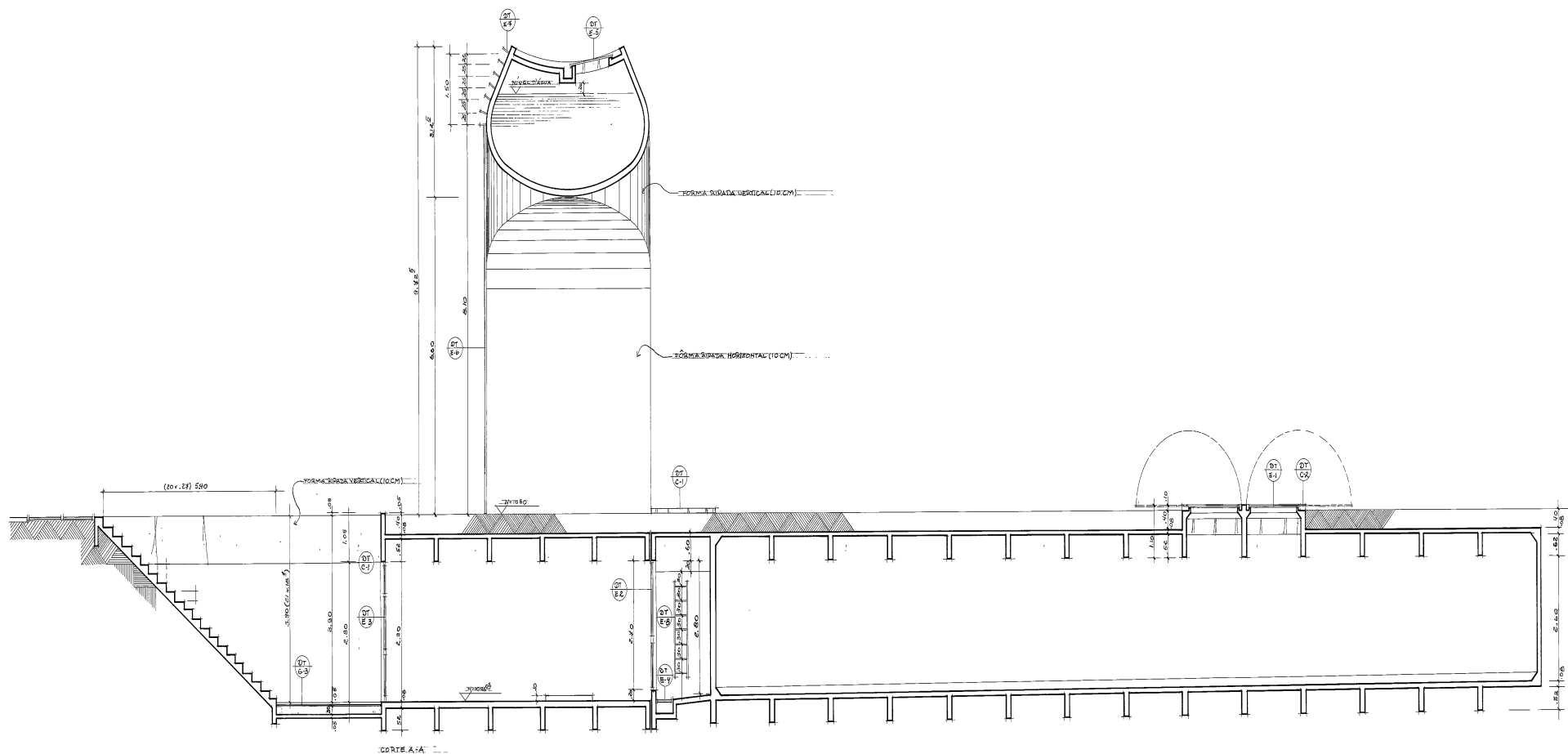


Figura 4.3 – Corte Castelo D'água (reservatório superior e inferior)

Com relação às outras edificações do Campus, o CEPLAN já realizou um estudo prévio para reserva técnica de incêndio (RTI), no qual as edificações foram separadas em 7 grupos diferentes e cada grupo será abastecido por um reservatório próprio. A fim de conciliar este estudo feito pelo CEPLAN com o abastecimento de água contínuo do Campus, o presente trabalho usou os mesmos grupos como referência para determinar da capacidade necessária que cada reservatório deve ter para suprir a demanda de consumo.

Nesse contexto, em vez de criar dois reservatórios separados, sendo um para RTI e outro para abastecimento, é possível implantar apenas um reservatório que comporte as duas necessidades. Dessa forma, a implantação do projeto torna-se mais célere e econômico porque resolverá dois problemas de uma única vez. A Tabela 4.1 apresenta a separação dos prédios em cada grupo.

Tabela 4.1 Grupo de edificações do Campus Darcy Ribeiro. Fonte: CEPLAN

GRUPO	PRÉDIOS
<b>A</b>	Faculdade de Tecnologia
<b>B</b>	Lab. de Sismologia; SG-12; SG-11; SG-10; SG-8; SG-4; SG-2
<b>C</b>	Casa do Professor; APOSFUB; SG-9; Complexo de Artes; SG-1; Centro de Vivência
<b>D</b>	Faculdade de Educação; OCA-II; Pavilhão Multiuso-I
<b>E</b>	Centro de Excelência em Turismo (CET); Pavilhão Multiuso II
<b>F</b>	Núcleo de Medicina Tropical e Faculdade de Saúde

A localização dos reservatórios foi sugerida pelo CEPLAN e pode ser vista na Figura 4.4.



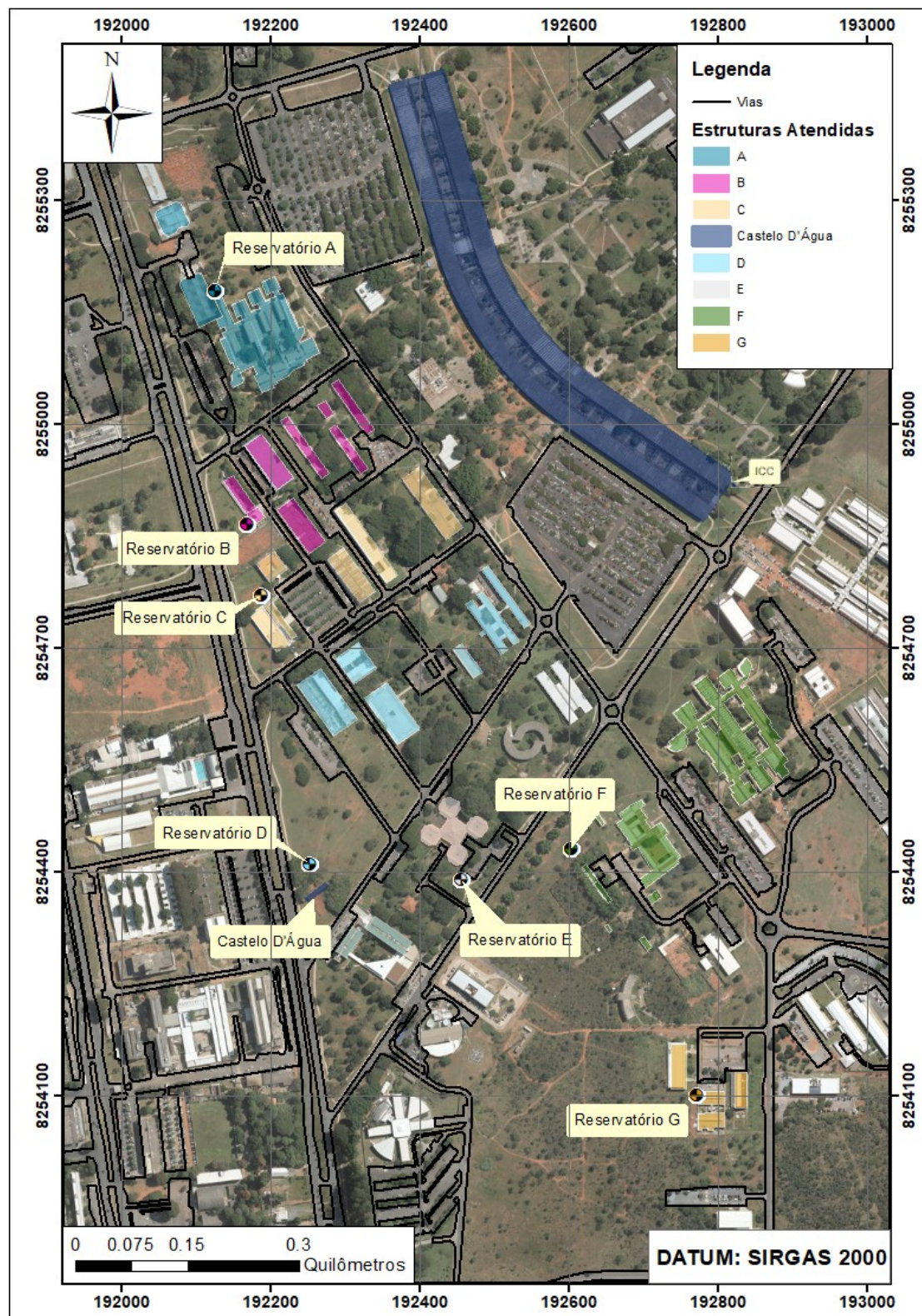


Figura 4.4 – Localização dos reservatórios proposto pelo CEPLAN (Soares, 2018)

## 4.2 CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS DE CADA GRUPO DE EDIFICAÇÕES

A carga hidráulica, expressa em altura de coluna d'água, corresponde à carga piezométrica entre a cota da água do reservatório e o ponto de entrada do abastecimento. No caso do Castelo D'água para abastecimento do ICC, para calcular a carga hidráulica estática é necessário determinar a altura do nível de água do reservatório e a diferença de cotas do terreno entre o reservatório e o hidrômetro localizado no extremo sul do ICC, que será o ponto de entrada na rede. As cotas podem ser obtidas por meio da análise de mapas que tenham curvas de nível do terreno do campus.

Ainda, é preciso calcular a perda de carga existente na rede entre o Castelo D'água e o ICC para determinar a carga hidráulica disponível. Para isso, utilizou-se o software EPANET para simular a rede e calcular o valor dessa perda de carga.

O volume de água necessário para abastecer o ICC, bem como das demais edificações do campus Darcy Ribeiro, foi determinado a partir da análise das contas de água. Essa análise consistiu no cálculo das medianas do consumo mensal ao longo dos sete anos observados.

A partir disso, a maior mediana obtida, chamada de “Vol. Projeto Mês”, serviu para calcular a capacidade de cada reservatório. Importante destacar que essa mediana corresponde ao consumo mensal do prédio, no entanto, o intuito do reservatório é de abastecer as necessidades de um dia de funcionamento de cada edificação. Uma vez que, num contexto em que haja racionamento esse é o período sem abastecimento. Diante disso, dividiu-se a maior mediana pelo total de dias no mês, conforme mostrado na equação 4.1.

$$Vol. Abastecimento Diário = \frac{Vol. Projeto Mês}{30} \quad (4.1)$$

Dessa forma, com base no comportamento histórico de sete anos de consumo de água de cada prédio, é estimado que o volume de abastecimento seja suficiente para atender as demandas diárias de cada edificação, além de garantir uma maior segurança hídrica em dias de racionamento ou para manutenção da rede principal de abastecimento da

CAESB. Cabe destacar que a NBR 12217/1994 estabelece a aplicação de um fator de 1,2 ao volume útil do reservatório, contudo, por questões econômicas, neste trabalho não foi empregado o fator sugerido pela Norma ao volume do reservatório, o qual foi calculado para ter capacidade de abastecimento para um dia.

Importante ressaltar que o reservatório terá dupla função, uma para abastecimento de água e outra para Reserva Técnica de Incêndio (RTI), sendo o volume de RTI obtido do estudo de Soares (2018). Dessa forma, o volume total do reservatório é dado pela soma do volume da RTI mais o volume de abastecimento diário, conforme equação 4.2.

$$Vol. \text{ Reservatório} = Vol. \text{ Abastecimento Diário} + Vol. \text{ RTI} \quad (4.2)$$

### 4.3 AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS PRESSÕES NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO ICC.

A NBR 12218/1994 determina que a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa (51 m.c.a), e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa (10,2 m.c.a). Por outro lado, a NBR 5626/1998 estabelece que a pressão estática máxima não pode ultrapassar 400 kPa (40,8 m.c.a), a pressão dinâmica mínima não pode ser inferior a 5 kPa (0,5 m.c.a) e a pressão nos pontos de utilização não deve ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a), com exceção do ponto ligado à válvula de descarga da bacia sanitária, em que a pressão não pode ser inferior a 15 kPa (1,5 m.c.a).

No caso do ICC, foram instalados manômetros no hidrômetro de entrada da instalação predial, localizado no extremo sul do prédio, e outro na torneira do banheiro que fica em cima do departamento de história, porque este é considerado um ponto crítico, visto que é o local mais afastado da entrada da rede e com cota mais alta. Essas medições foram realizadas em dois momentos distintos. A primeira medição (Figura 4.5) ocorreu no segundo semestre de 2017, na qual as pressões foram obtidas de 5 em 5 minutos por meio de manômetros analógicos.

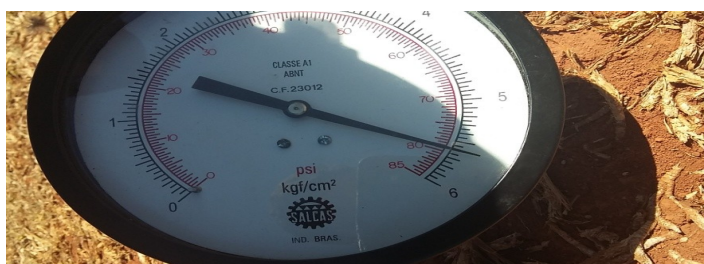


Figura 4.5 – Manômetro analógico instalado no hidrômetro do ICC.



A segunda medição de pressão (Figura 4.6) ocorreu no primeiro semestre de 2018, sendo que, diferentemente da primeira medição, nesta foram utilizados de manômetros datalogger, os quais foram programados para medir a pressão de 5 em 5 segundos. Destaca-se aqui que os horários de ambas as medições levaram em consideração o período de troca de aulas em um dia letivo, porque é nesse momento em que maior parte dos alunos utilizam os aparelhos hidrossanitários fazendo com que as pressões da rede variem drasticamente, visto que um elevado consumo diminui as pressões da rede e, quando este consumo diminui, as pressões aumentam.



Figura 4.6 – Manômetro Datalogger instalado no hidrômetro do ICC.

Importante ressaltar que o critério para escolha do ICC foi de que ele é uma edificação muito extensa, com maior consumo do campus e tem instalações muito antigas. A pressão que chega ao ICC Sul é muito elevada, o que causa prejuízos como: quebra de bebedouros; vazamentos em torneiras; mal funcionamento das descargas que liberam grande quantidade de água; e ainda vazamentos nas juntas das tubulações. O ICC Norte apresenta o mesmo problema, com pressões dinâmicas muito elevadas. No ano de 2016, o Instituto representou uma média de 24% do consumo de água da UnB, o mais alto em todo o campus.

Sabendo das pressões na rede, o cálculo da perda de carga foi feito por meio da subtração entre a maior pressão medida na entrada da rede e a menor pressão verificada no final da rede. Dessa forma, há uma estimativa da magnitude do valor correspondente à maior perda de carga sofrida no sistema.

Outra forma de avaliação das pressões na rede do ICC é por meio do Software EPANET, que é um programa de modelagem hidráulica que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico em rede de água. Com

essa ferramenta é possível obter valores da pressão em cada nó e com isso determinar quais são os pontos críticos.

A rede hidráulica do ICC foi desenhada no AUTOCAD utilizando a planta do prédio como referência e depois passada para o EPANET. Por sua vez, para maior confiabilidade do dado, a vazão foi calculada de duas formas, a primeira foi por meio da leitura do hidrômetro do ICC e a segunda forma foi conforme estabelece a NBR 5626/1998, por meio da Equação (4.3).

$$Q = C \sqrt{\sum P} \quad (4.3)$$

em que:

$Q$  = vazão (l/s)

$C$  = coeficiente de descarga = 0,30 l/s

$\sum P$  = soma dos pesos, correspondente a todas as peças de utilização alimentadas através do trecho considerado.

Os valores dos pesos  $P$  das peças usuais nas instalações hidráulicas são obtidas da norma e para descobrir o somatório desses pesos foi preciso avaliar a planta do ICC (*Apêndice 3*) a fim de definir todos os pontos de utilização.

Além disso, com o objetivo de resolver o problema das elevadas pressões na entrada da rede e das baixas pressões no final da rede do ICC, foram simulados no EPANET dois cenários diferentes de possíveis arranjos para a rede de abastecimento.

#### **4.4 IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS PARA MONITORAMENTO DE PERDAS D'ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO.**

A prefeitura da Universidade de Brasília controla as medições de consumo realizadas mensalmente nos prédios. Esse controle é feito por uma equipe que armazena as informações de consumo em planilhas eletrônicas para posterior consulta. Exemplo da planilha encontra-se no *Apêndice 1*.

A planilha eletrônica é uma maneira simples de monitorar o consumo de água. Pela planilha é possível identificar mensalmente quando algum prédio tem um consumo excessivo, indicando perdas no sistema. Para o presente trabalho, a prefeitura

disponibilizou as planilhas com as medições realizadas desde o ano de 2010 até o mês de dezembro de 2017.

Com o acesso às planilhas é possível realizar estudos que mostrem quais prédios estão com comportamento de consumo de água anormal, o que indicará possíveis vazamentos, necessidade de manutenção na rede ou uso não racional de água. Esse estudo foi realizado com a criação de gráficos box-plot, o que dará uma noção da dispersão dos dados ao longo dos anos.

Os gráficos são apresentados no item 5.3 e foram construídos da seguinte forma: calculou-se a mediana do consumo mensal de cada edificação, entre os anos de 2010 e 2017. Além da mediana foi calculado o primeiro quartil (Q1), que é o número que deixa 25% das observações abaixo e 75 % acima, e o terceiro quartil (Q3) que deixa 75% das observações abaixo e 25% acima. Por fim, conforme Equações 4.4 e 4.5 calculou-se, respectivamente, o limite inferior e o limite superior, que servem para identificar a existência de outliers, que são os pontos que tiveram valores acima do limite superior ou abaixo do limite inferior.

$$\text{lim . Inferior} = Q1 - 1,5 * IIQ \quad (4.4)$$

$$\text{lim . Superior} = Q3 + 1,5 * IIQ \quad (4.5)$$

onde:

$IIQ$  (Intervalo Interquartil) =  $Q3 - Q1$ .

Foi escolhido fazer gráficos box-plot porque essa é uma maneira rápida e simples de ter uma ideia da distribuição dos dados e de possíveis outliers. É importante destacar que a presença de outliers é um forte indicativo de consumo excessivo de água e de desperdícios, porque estes pontos são valores que apresentam um grande afastamento do consumo típico da edificação observado ao longo da série histórica.

Diante disso, o estudo das planilhas eletrônicas permitiu listar quais edificações do Campus Darcy Ribeiro estão com o consumo de água elevado e fora do esperado. Dessa forma, houve um direcionamento maior de quais edificações necessitam de uma maior controle com medidas de combate ao desperdício de água e manutenção na rede hidráulica.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO E CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS.

Conforme explicado no item 4 (Metodologia), foram criados, com base nas contas de água de cada edificação, entre os anos de 2010 e 2017, gráficos para cada grupo de edificações. Por esses gráficos é possível observar o comportamento histórico do consumo de água e assim determinar qual o consumo médio de água máximo de cada edificação.

Essa demanda máxima, chamada de “Vol. Projeto Mês”, foi obtida por meio da maior mediana do conjunto de dados e serviu para calcular o volume de abastecimento de cada prédio, conforme mostrado na equação 4.1.

A seguir, na Figura 5.1, é apresentado o comportamento de consumo de água do Instituto Central de Ciência (ICC). Nesta figura é possível observar que o mês de maior consumo é o de outubro e a maior mediana encontrada é em torno de 8000 m<sup>3</sup> e disso resulta um volume de abastecimento diário de 266,6 m<sup>3</sup>.

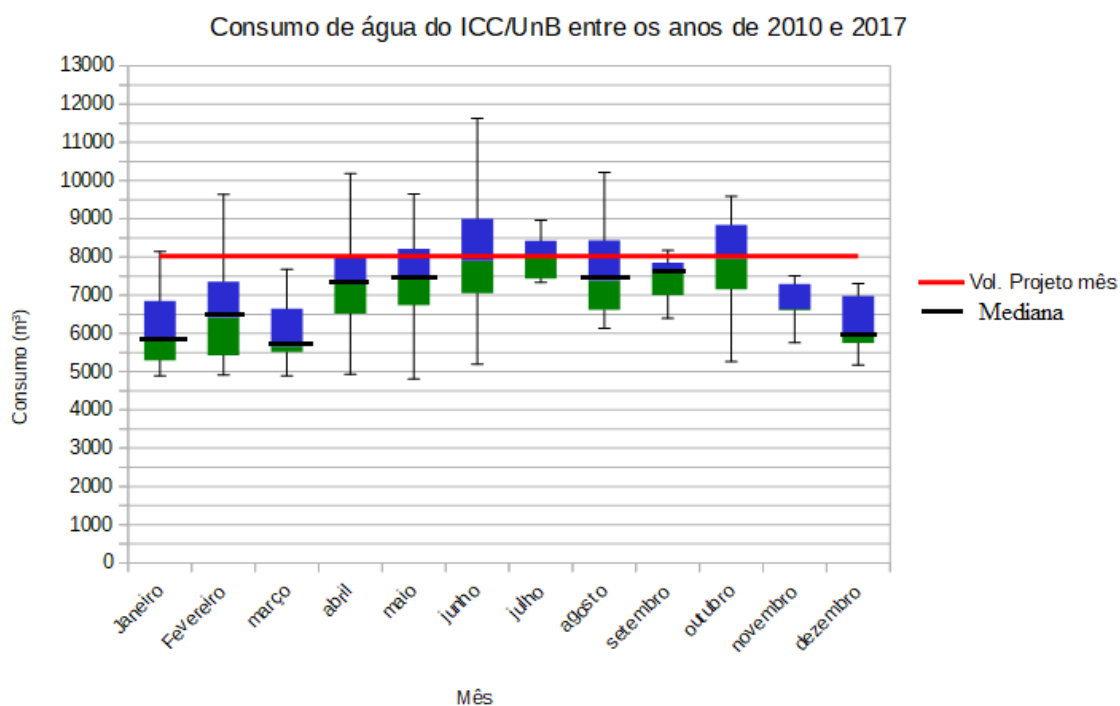


Figura 5.1 – Volume de Projeto ICC.

Com o volume de projeto definido, o passo seguinte foi o lançamento da rede que liga o Castelo d'água ao ICC, esse traçado foi feito utilizando o AutoCad e pode ser visualizado na Figura 5.2 a seguir.



Figura 5.2 – Traçado da rede que liga o Castelo D'água ao ICC.

O desenho da rede feito no AUTOCAD foi exportado para o EPANET, no qual foi feita a simulação com o objetivo de avaliar a perda de carga na rede e se pressão fornecida pelo Castelo é suficiente para distribuir a água por toda a rede do ICC.

Para essa simulação, considerou-se a rede feita com tubulações de 250 mm de diâmetro interno e material PEAD ( $C = 150$ ), a vazão de alimentação do ICC foi retirada das leituras do hidrômetro da edificação (Tabela 5.3) arredondada para 10 l/s de forma a garantir uma maior segurança nas simulações. O desnível do terreno entre o reservatório Castelo D'água e o ponto de alimentação na entrada sul do ICC é de 24 metros (Figura 5.3). Além desse desnível, deve-se considerar ainda a altura do reservatório elevado do Castelo, mostrado na Figura 4.2, de aproximadamente 8 metros, ou seja, a diferença total de cotas entre o Castelo e o ICC é de 32 metros. Maiores detalhes sobre as propriedades utilizadas nessa simulação podem ser vistas na Figura 5.4.



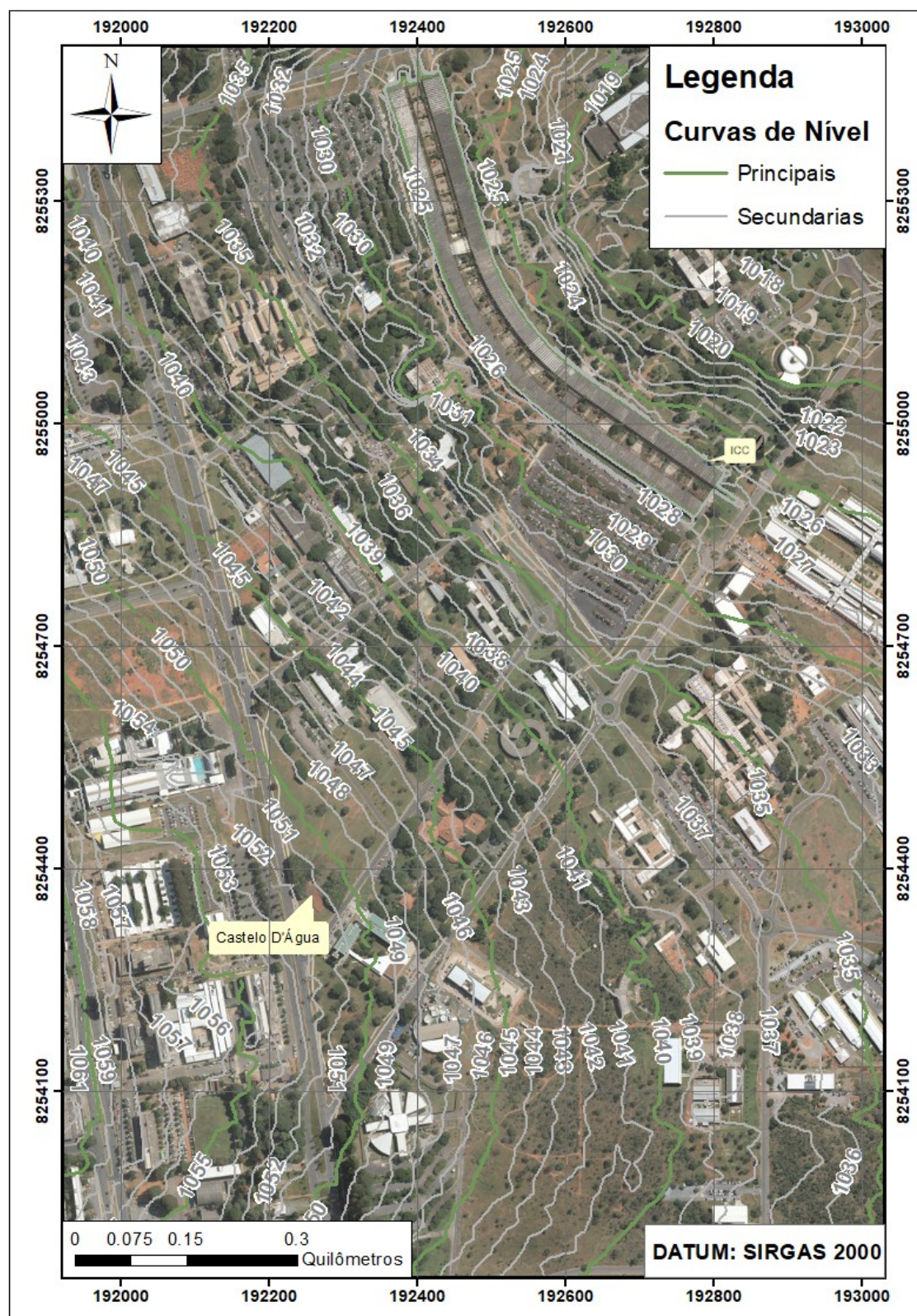


Figura 5.3 – Curvas de nível entre o Castelo D'Água e o ICC (Soares, 2018).

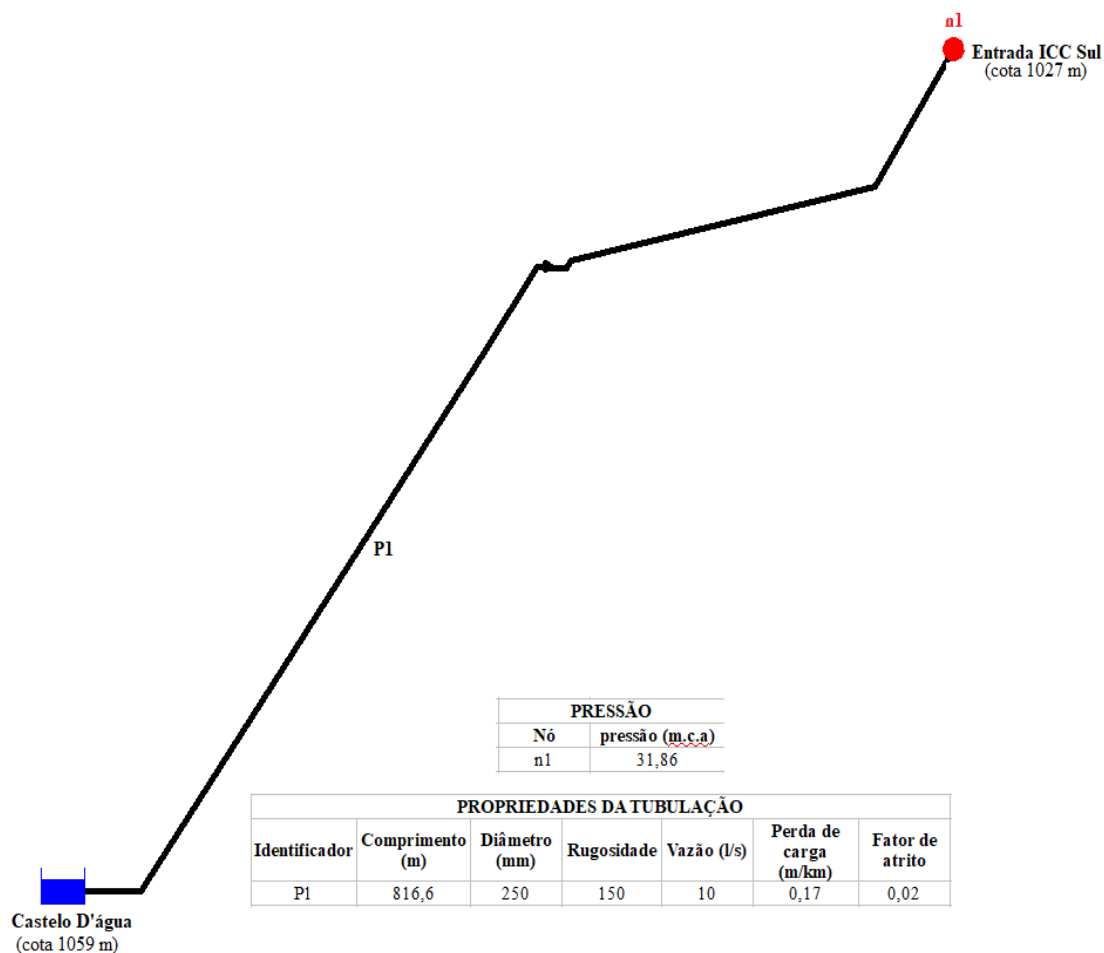


Figura 5.4 – Simulação da rede Castelo D'água ao ICC.

A simulação feita pelo EPANET mostra que a perda de carga na adutora traçada para ligar o Castelo D'água ao ICC é da ordem de 0,17 metros e a pressão que chega na entrada sul do ICC é de 31,86 m.c.a.

Com relação ao grupo A, composto pela Faculdade de Tecnologia, o gráfico de consumo feito com base na análise histórica de 7 anos de consumo é apresentado na Figura 5.5. Nessa figura é possível verificar que o mês de maior consumo da FT é o mês de novembro, além disso, a maior mediana encontrada é próxima de 1200 m³. Dessa forma, o volume para abastecimento da FT, obtido com a Equação 4.1, que garante suprir a demanda diária do prédio é da ordem de 40 m³.

Consumo de água (m<sup>3</sup>) da faculdade de Tecnologia entre os anos de 2010 e 2017

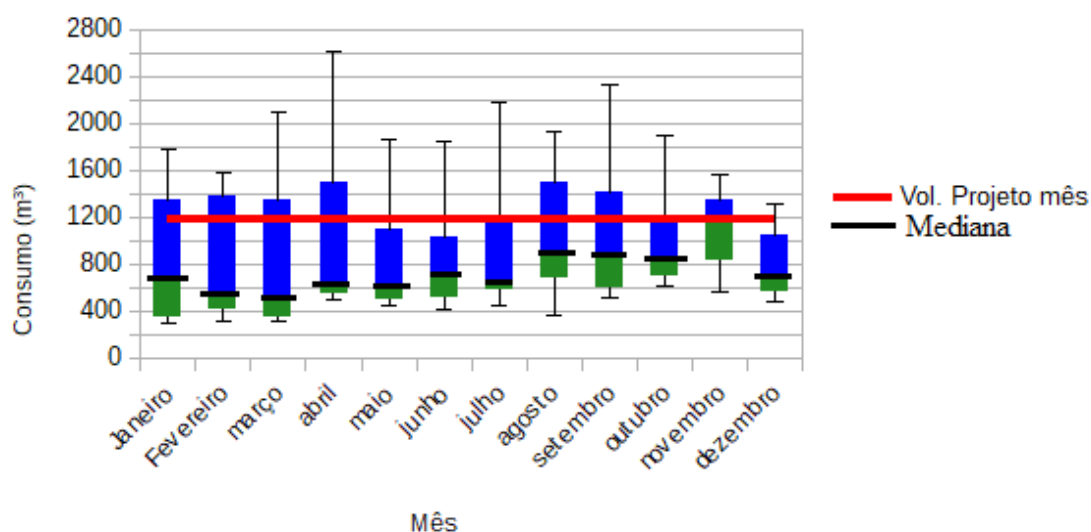


Figura 5.5 – Volume de Projeto FT.

Para o restante dos grupos seguiu-se o mesmo procedimento mostrado acima e, para uma melhor visualização, o volume de cada reservatório é apresentado na Tabela 5.1 abaixo. Destaca-se aqui que os valores de RTI foram retirados do trabalho: Análise do Plano de Prevenção a Combate a Incêndio na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro (Soares, 2018).



Tabela 5.1 – Volume do reservatório para cada grupo de edificação

Grupo	Prédios	Vol. Abastecimento diário (m³)	Vol. RTI (m³)	Vol. Total do Reservatório (m³)	Volumes comerciais (m³)
	ICC	267	155,6	422,6	-
<b>A</b>	FT	40	25,7	65,7	80
<b>B</b>	Lab Simo	6,81	6,6	91,19	100
	SG -12	12,78	10,4		
	SG -11	6,4	13,2		
	SG - 10	2,93	6,6		
	SG - 8	0,56	6,6		
	SG - 4	2,65	6,6		
	SG - 2	2,46	6,6		
<b>C</b>	SG - 9	6,81	7,27	48,61	60
	SG - 1	12,78	6,81		
	Complexo das Artes	6,4	8,54		
<b>D</b>	FE - 1	3,28	6,8	69,96	80
	FE - 3	1,95	6,68		
	FE - 5	8,1	7,17		
	PMU - I	28,26	7,72		
<b>E</b>	CET	18,33	7,5	36,8	50
	PMU - II	4,68	6,29		
<b>F</b>	Núcleo Med. Tropical	4,41	7,4	86,07	100
	FS/FM	46,26	28		
<b>G</b>	CEFTRU	1,66	4,2	5,86	10

Destaca-se aqui que os volumes comerciais geralmente se referem aos volumes totais, portanto, a escolha de um volume comercial superior ao volume total do reservatório se justifica para haver compatibilidade entre o volume de reservação e o volume útil do reservatório. Além disso, ressalta-se que as localizações desses reservatórios são mostradas na Figura 4.2.

Quanto aos volumes comerciais, mostrados na Tabela 5.1, são aqueles disponíveis no catálogo da empresa FIBRATEC Engenharia, sendo que as medidas desses reservatórios, de acordo com o próprio fabricante, podem ser observadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Medidas dos reservatórios do fabricante Fibratec.

<b>Vol. (L)</b>	<b>Alt (H). (mm)</b>	<b>Diâmetro (D) (mm)</b>
10000	2290	2530
50000	7450	3000
60000	8880	3000
80000	11740	3000
100000	14600	3000

Importante ressaltar que as medidas da Tabela 5.2 são para reservatórios verticais. Um esquema desse tipo reservatório pode ser observado na Figura 5.6.



Figura 5.6 – Perfil do reservatório vertical (Fonte: Fibratec, 2018)

Portanto, analisando o volume total do reservatório do ICC (422,6 m³), conforme caracterização presente no item 4.1, e lembrando que o Castelo D'água possui um volume total de 1143,5 m³, percebe-se que há volume de sobra para atender à reserva técnica de incêndio e ao abastecimento de água do prédio.

A seguir, é analisado, entre outras coisas, se a carga hidráulica de 31,86 m.c.a, disponível entre o Castelo D'água e o ICC, é suficiente para alimentar o sistema por

gravidade ou se é preciso fazer um sistema pressurizado para garantir o seu pleno funcionamento.

## 5.2 MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA PRESSÃO NA REDE ICC.

Como explicado anteriormente, o consumo de água do ICC foi determinado pela Equação 4.3 estabelecida pela NBR 5626/98 e também por meio da leitura do hidrômetro do prédio. As leituras foram realizadas em dia útil, durante o período letivo, a fim de caracterizar condições de consumo máximo da rede. Os dados obtidos pela leitura do hidrômetro são mostrados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Consumo de água do ICC medido no hidrômetro

Consumo de água ICC			
Hora	consumo acumulado (m³)	variação de consumo (m³/min)	variação de consumo (l/s)
09:40:00	46151,07	0,00	0,00
09:41:00	46151,51	0,44	7,33
09:42:00	46152,00	0,49	8,17
09:43:00	46152,54	0,54	9,00
09:44:00	46153,00	0,46	7,67
09:45:00	46153,50	0,50	8,33
09:46:00	46154,00	0,50	8,33
09:47:00	46154,23	0,23	3,83
09:48:00	46154,57	0,34	5,67
09:49:00	46154,94	0,37	6,17
09:50:00	46155,24	0,30	5,00
09:51:00	46155,57	0,33	5,50
09:52:00	46155,80	0,23	3,83
09:53:00	46156,11	0,31	5,17
09:54:00	46156,40	0,29	4,83
09:55:00	46156,70	0,30	5,00
09:56:00	46156,98	0,28	4,67
09:57:00	46157,37	0,39	6,50
09:58:00	46157,58	0,21	3,50
09:59:00	46157,87	0,29	4,83
10:00:00	46158,14	0,27	4,50
10:01:00	46158,48	0,34	5,67
10:02:00	46158,72	0,24	4,00
10:03:00	46158,95	0,23	3,83
10:04:00	46159,15	0,20	3,33
10:05:00	46159,39	0,24	4,00
10:06:00	46159,64	0,25	4,17
10:07:00	46159,90	0,26	4,33
10:08:00	46160,18	0,28	4,67
10:09:00	46160,42	0,24	4,00
10:10:00	46160,68	0,26	4,33

De

acordo com as leituras feitas no hidrômetro é possível inferir que o consumo médio do prédio, das 09:40 hrs as 10:10 hrs, é de aproximadamente 5,3 l/s enquanto que o maior consumo registrado foi de 9,0 l/s.

Com relação às pressões estas foram medidas em duas ocorrências diferentes. A primeira medição ocorreu no segundo semestre de 2017, quando as pressões foram obtidas de 5 em 5 minutos por meio de manômetros analógicos. Já a segunda medição ocorreu no primeiro semestre de 2018, e, diferentemente da primeira medição, nesta utilizaram-se de manômetros datalogger, os quais foram programados para medir a pressão de 5 em 5 segundos. Ambas as medições foram realizadas em dias úteis, em horário de aula, a fim de caracterizar condições de consumo máximo da rede. A partir dessas medições foram gerados gráficos representados nas Figuras 5.7, 5.9 e 5.9.

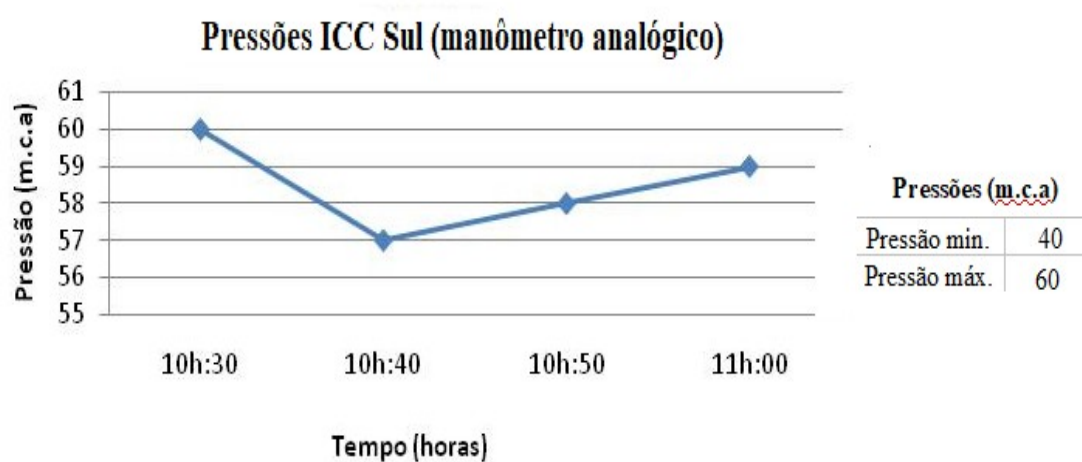


Figura 5.7 – Variação da pressão ICC Sul medido com o manômetro analógico.

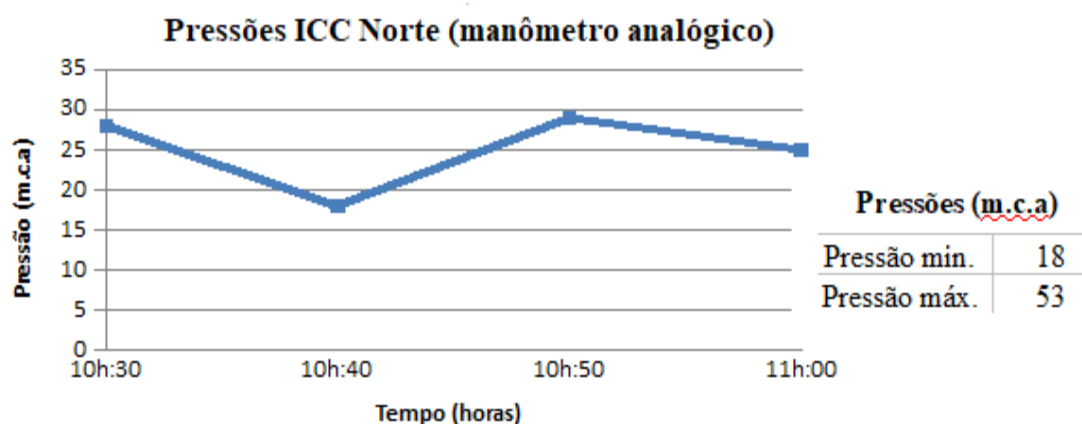


Figura 5.8 - Variação da pressão ICC Norte medido com o manômetro analógico.

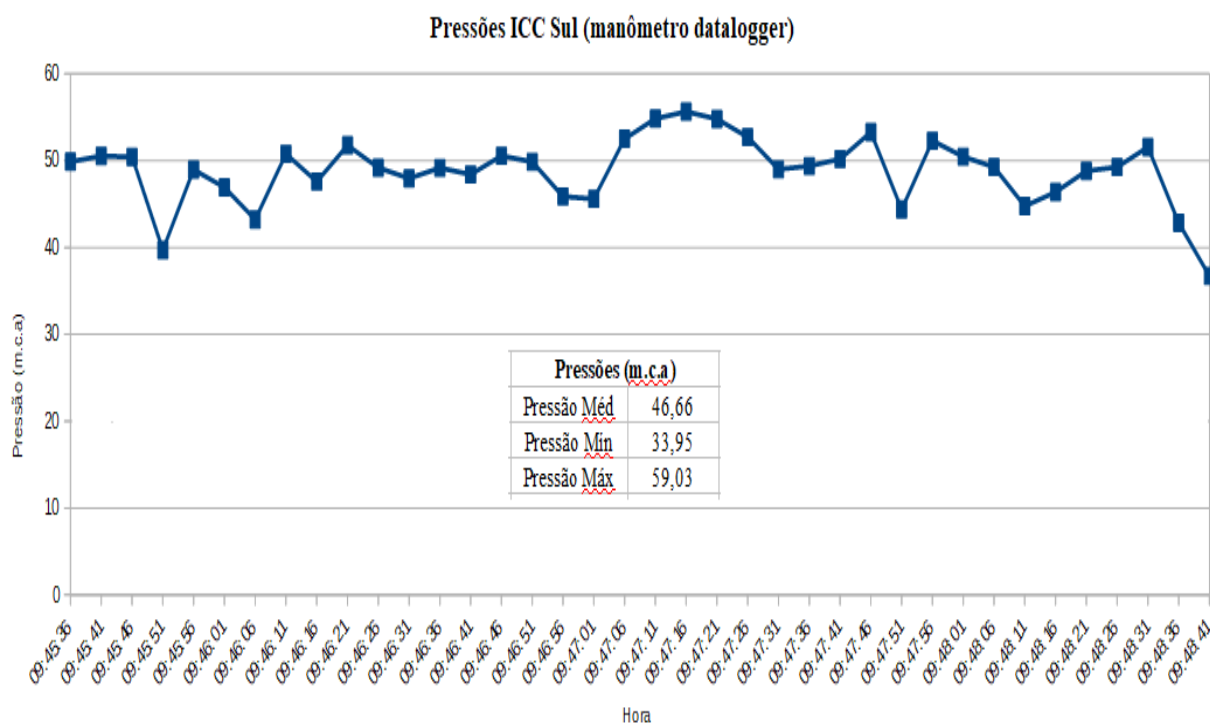


Figura 5.9 - Variação de pressão ICC Sul medido com o manômetro datalogger

O manômetro datalogger instalado no ICC Norte teve problemas e não houve como recuperar os dados da memória do equipamento. Diante disso, não foi possível fazer o gráfico das pressões do ICC Norte para essa segunda medição, sendo feito o gráfico apenas do ICC Sul (Figura 5.9).

A partir da análise das pressões no ICC medidas pelos manômetros é possível observar uma grande oscilação na parte norte, o que é característico de um sistema direto de abastecimento e, também, por causa das variações de uso na rede, pois o consumo elevado faz com que a pressão abaixe e menos consumo eleva a pressão.

Uma variação de pressão muito elevada, como a que ocorre no ICC, pode romper a tubulação e danificar os flexíveis, causando prejuízos, vazamentos e desperdício de água. Além de gerar mal funcionamento de vasos sanitários e torneiras.

Destaca-se que, analisando a figura 5.7 e 5.9, percebe-se que as pressões de entrada estão acima dos 40 m.c.a recomendados pela norma. Além disso, a pressão no final da rede (Figura 5.8) está acima de 18 m.c.a. Dessa forma, uma alternativa para reduzir essas pressões é por meio da instalação de uma válvula redutora de pressão na entrada da rede.

Outro aspecto importante a ser notado é a alta perda de carga apresentada na rede do ICC, pelas pressões medidas estima-se uma perda de carga de aproximadamente 20 m.c.a. Valores altos de perda de carga já eram esperados, visto que as tubulações da rede de abastecimento de água do ICC são antigas e feitas de ferro galvanizado, apresentando por isso incrustações na seção interna dos tubos, o que diminui seu diâmetro interno e, por consequência, gera uma elevação na perda de carga.

Além dessa medição feita por meio de manômetros, também foi utilizado o software EPANET para realizar a simulação de vários cenários diferentes com o intuito de entender o comportamento do sistema e propor soluções para as elevadas pressões. Os cenários testados são descritos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Cenários Utilizados.

Cenário	Situação da rede	Forma de abastecimento
<b>1</b>	Rede atual do ICC	Abastecido de forma indireta pelo Castelo D'água
<b>2</b>	Rede atual do ICC	Abastecido de forma direta pela rede da CAESB
<b>3</b>	Rede do ICC ramificada	Abastecido pela entrada Sul e pela entrada Norte

A simulação permite entender quais são as pressões em cada nó da rede e descobrir qual a menor pressão na entrada da rede para que o sistema funcione. Além disso os testes também permitirão saber se a carga hidráulica fornecida pelo Castelo D'água é suficiente para alimentar o sistema por gravidade.

Importante destacar que o ICC possui três pavimentos, o subsolo, o térreo e o mezanino. Para representar esses pavimentos no EPANET, foram colocados cotas nos nós, por exemplo, os nós que representam o subsolo estão na cota de 0 metros, os nós do térreo têm cota de 3,4 metros e os nós do mezanino possuem cota de 6,6 metros.

Com relação à alimentação de água do ICC, esta é feita pelo extremo sul do prédio e segue com dois condutos principais de aço galvanizado com diâmetro nominal de 3 polegadas (76,2 mm) até o extremo norte, por onde saem diversas ramificações ao longo de sua extensão. Na parte inferior leste há uma derivação com uma tubulação de diâmetro de 4 polegadas (101,6 mm). Imagens dessas tubulações podem ser vistas nas Figuras 5.10 e 5.11.



Figura 5.10 – Visita Técnica à galeria do ICC. Fotos das tubulações de alimentação (Data: 12/04/2018)



Figura 5.11 – Visita Técnica à galeria do ICC. Foto com Exemplo de derivação da tubulação de 3 polegadas.

A vazão de consumo que o Castelo D'água deverá fornecer ao ICC foi calculada conforme a Equação 4.3, sendo o valor encontrado de 32,5 l/s. Contudo, ao comparar o valor de 32,5 l/s calculado pela norma, com a vazão medida pela leitura do hidrômetro (Tabela 5.3) de 9 l/s, percebe-se que a vazão de consumo calculada conforme a norma

está superestimada. Para corrigir este problema optou-se por aplicar um fator de correção de 1/3, de tal forma que a vazão corrigida ficou em 10,83 l/s, que está mais próxima do observado na realidade.

O cenário 1, mostrado na Figura 5.12, foi simulado no EPANET. Lembrando que neste cenário foi utilizada a carga hidráulica fornecida pelo Castelo D'água. Conforme mostrado na figura, o EPANET conseguiu ter sucesso na simulação, ou seja, o Castelo é capaz de abastecer todos os pontos de utilização do ICC com pressões adequadas por gravidade, dispensando a utilização de bombas para pressurizar o sistema.

Quanto ao cenário 2 (Figura 5.13) percebe-se que as pressões na rede do ICC diminuem conforme os pontos vão se distanciando do ponto de alimentação e os nós que representam o mezanino do ICC tendem a ter menor pressão que no sub-solo e térreo.



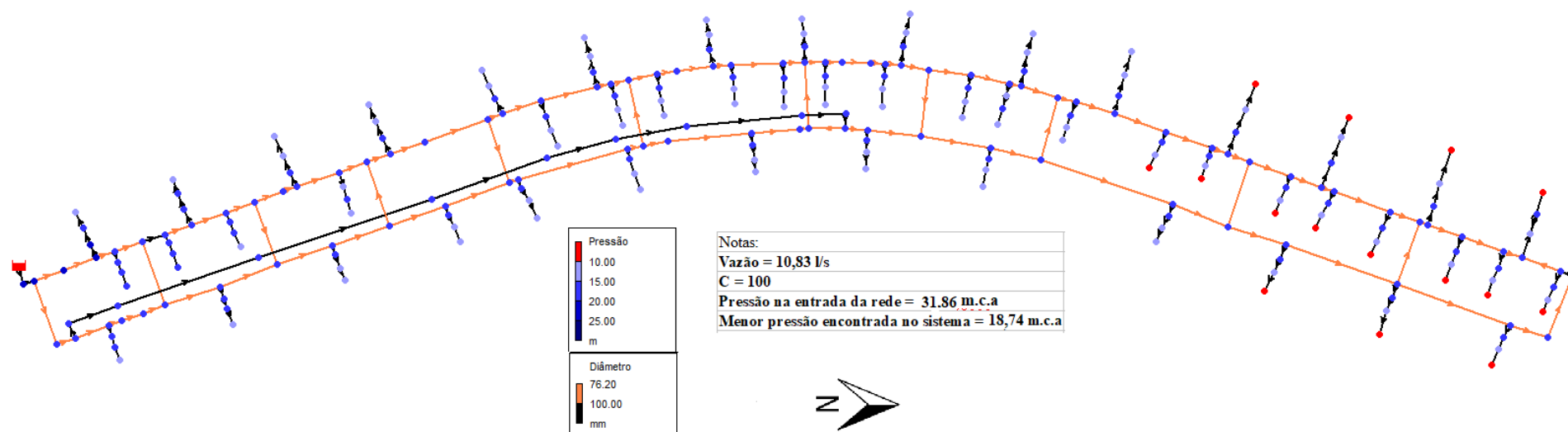


Figura 5.12 – Simulação Cenário 1.

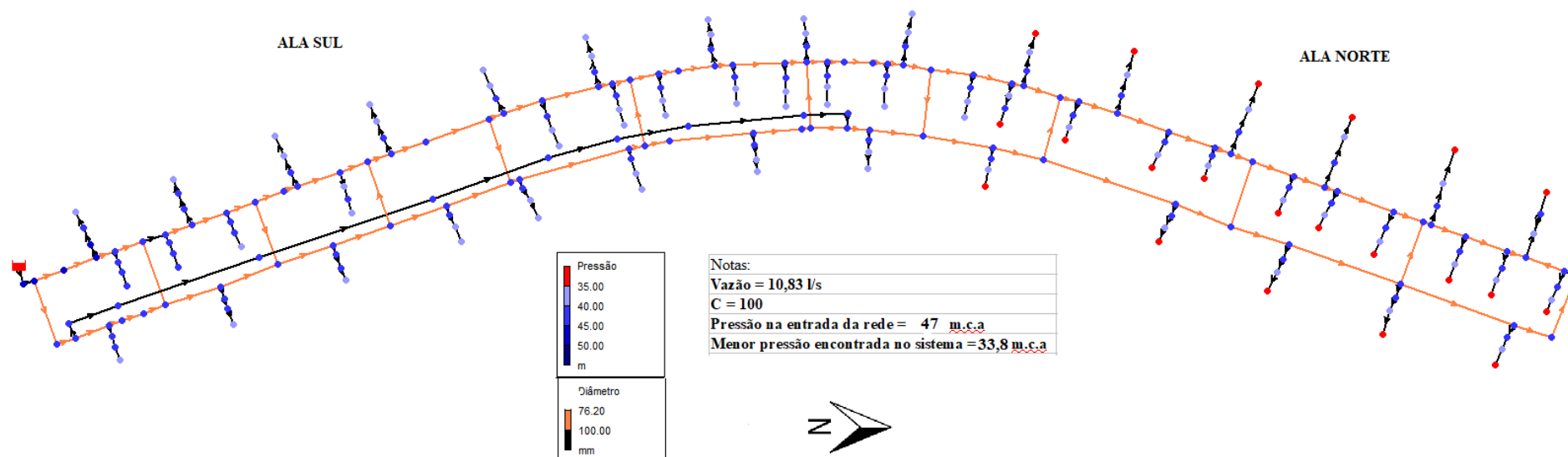


Figura 5.13 – Simulação Cenário 2.

Deve-se lembrar que a NBR 5626/1998 estabelece que a pressão estática máxima na entrada da rede não pode ultrapassar 40,8 m.c.a, a pressão dinâmica mínima não pode ser inferior a 0,5 m.c.a e a pressão nos pontos de utilização não deve ser inferior a 1 m.c.a. Diante disso, com base na simulação do cenário 2 (Figura 5.13), percebe-se que as pressões na rede do ICC no atual sistema de abastecimento estão acima dos 40 m.c.a recomendados pela norma, o que pode gerar rompimento de tubulações, mal funcionamento dos aparelhos hidrossanitários e, conseqüentemente, maior desperdício de água e maior valor na conta.

Dessa forma, nota-se que a introdução do Castelo D'água para abastecimento de água do ICC seria uma alternativa para reduzir as pressões de entrada do prédio, porque, como mostrado na Figura 5.12, se o Castelo passasse a abastecer o ICC as pressões ficariam entre 31,86 m.c.a de máxima e 18,74 m.c.a de mínima. No entanto, importante ressaltar que mesmo as pressões de entrada estando abaixo dos 40 m.c.a, conforme recomendado pela Norma, percebe-se que as pressões no final da rede continuam elevadas. Diante disso, o Castelo resolveria o problema de altas pressões na entrada da rede, contudo, para que as pressões no final da rede também sejam diminuídas é necessário a instalação de uma válvula redutora de pressão no início da rede do ICC.

Não obstante, outra alternativa para reduzir as pressões de entrada da rede para um valor próximo ao aceitável pela NBR 5626/98, é por meio um novo arranjo na rede de abastecimento do ICC. Esse novo arranjo consiste em dividir a rede da edificação em duas partes e fazer o abastecimento tanto pela entrada norte e quanto pela entrada sul.

O novo arranjo proposto é bastante viável visto não ser preciso fazer grandes alterações na rede atual. Além disso, é importante citar que antigamente havia uma entrada de abastecimento pela ala norte do ICC, conforme pode ser visto na Figura 3.17, e para este novo cenário basta reativar essa entrada para que a rede seja abastecida por este lado. Com relação ao abastecimento da ala Sul do ICC, este já é feito pela atual rede. A Figura 5.14 mostra, dentre outras coisas, como seria esse o novo arranjo para rede de abastecimento do ICC.

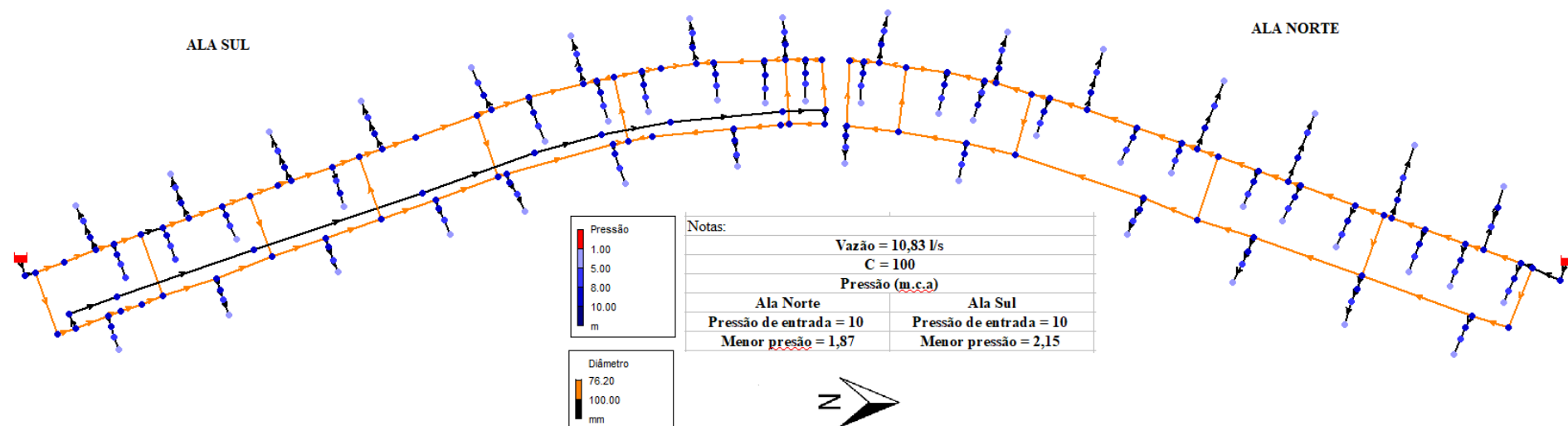


Figura 5.14 – Simulação Cenário 3.

Com a nova configuração da rede do ICC (Figura 5.14) foi possível diminuir a pressão na entrada da rede para 10 m.c.a e a menor pressão atingida nesse novo cenário foi de 1,87 m.c.a. Dessa forma é garantido que o sistema de distribuição de água funcione com pressões dentro dos limites estabelecidos pela norma. Logo, com uma simples mudança na atual rede do ICC é possível ter uma redução significativa das pressões de entrada e, com isso, solucionar o problema que o prédio enfrenta de altas pressões no início da rede que provocam rompimento de tubulações e vazamentos. Além disso, o fato de dividir a rede faz com que se tenha uma redução da distância entre o ponto inicial de alimentação e o ponto final, dispensando assim a necessidade de altas pressões na entrada da rede para abastecimento dos pontos mais distantes.

Por fim, outra opção para conseguir reduzir as pressões na entrada da rede do ICC sem que seja necessário fazer alterações na rede é por meio da instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP). Diante disso, com a finalidade de entender qual a menor pressão necessária para que a rede atual do ICC funcione e, assim, saber qual pressão deverá ser configurada na VRP, foram feitas no EPANET algumas simulações colocando a pressão de entrada em diferentes valores, por meio de alteração do nível de um reservatório fictício e assim descobrindo qual seria a melhor. Nesse contexto, chegou-se a um valor ideal de 15 m.c.a, esse valor garante pressão satisfatória em todos os pontos da rede, sendo a menor pressão atingida de 1,8 m.c.a, o que pode ser visto na Figura 5.15.

Portanto, se for instalada uma VRP na entrada da rede do ICC esta válvula deve garantir uma pressão de no mínimo 15 m.c.a, porque abaixo dessa pressão as simulações acusam a presença de pressões negativas no sistema, que são indesejáveis já que sua ocorrência inviabiliza o uso de aparelhos hidrossanitários que não terão pressão suficiente para funcionar.

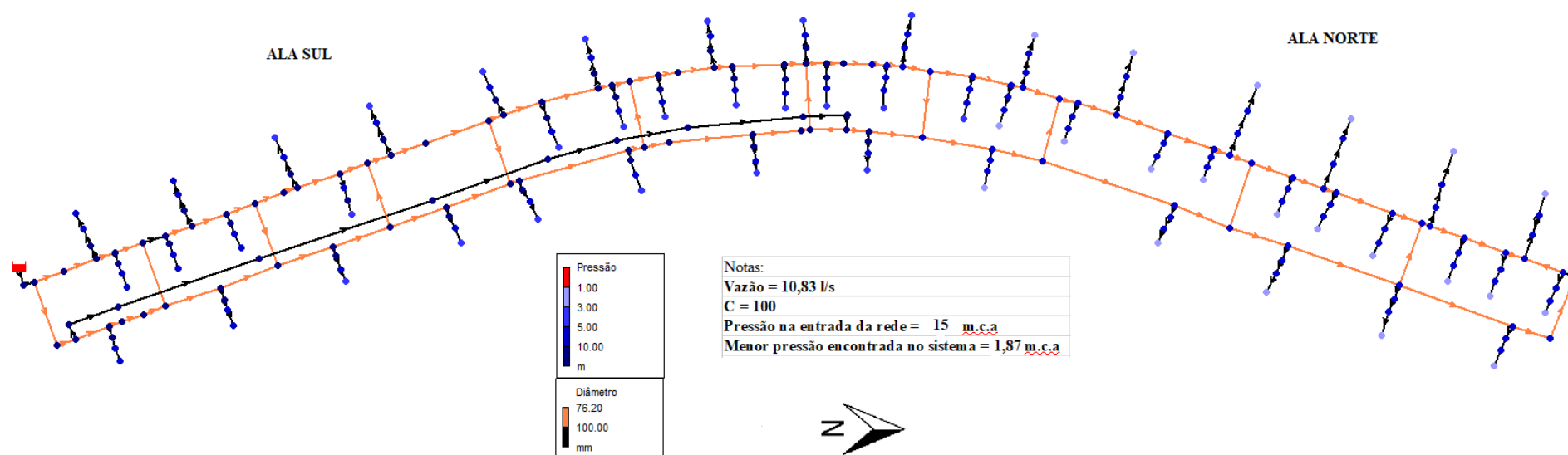


Figura 5.15 – Simulação da Rede Atual do ICC com a menor pressão necessária para seu funcionamento.

### 5.3 IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS CRÍTICOS PARA MONITORAMENTO DE PERDAS D'ÁGUA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO.

Nesse tópico são mostrados os gráficos box-plot para cada edificação, cuja análise permite identificar quais prédios podem possuir algum tipo de desperdício de água, seja por vazamentos ou por uso não racional. Para começar é mostrado na Figura 5.16 o consumo referente ao ICC.

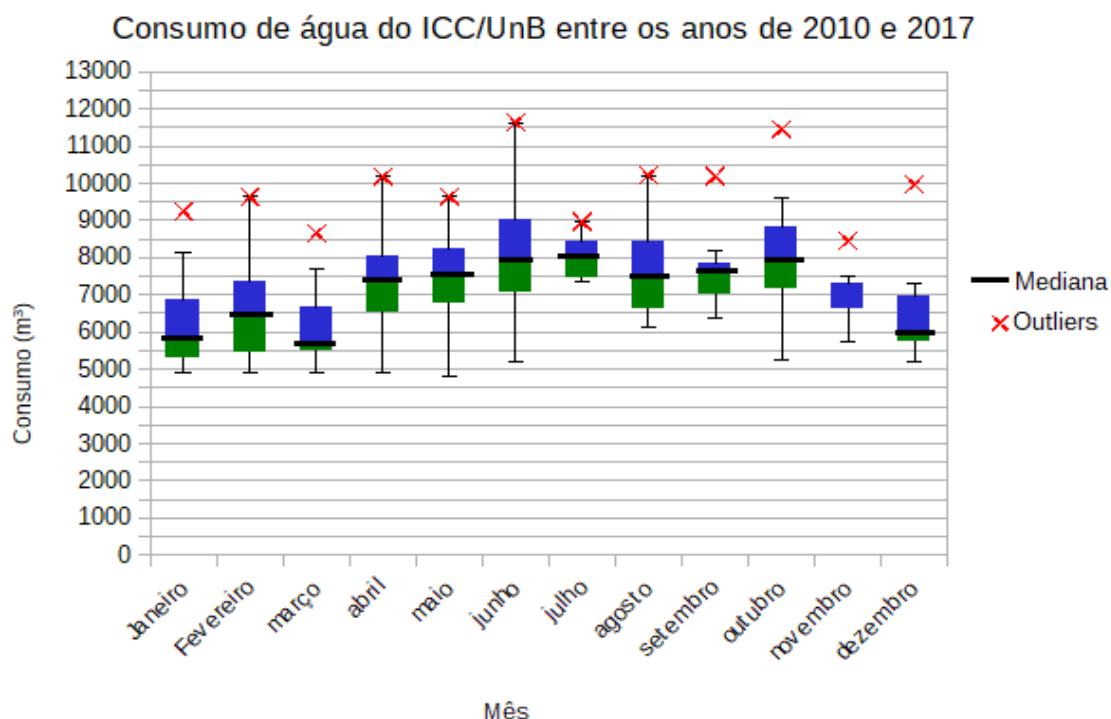


Figura 5.16– Consumo de água ICC.

Ao analisar a figura acima percebe-se que junho apresentou o maior consumo e a maior dispersão nos dados, por sua vez, novembro foi o mês que teve a menor amplitude de consumo e março e dezembro apresentaram um intervalo interquartil compacto o que indica uma constância de consumo de água nesses meses. Além disso, destaca-se que em todos os meses, entre os anos de 2010 e 2017, houve presença de outliers, isto é, de uso de água acima do normal para os padrões de consumo da edificação.

A presença desses outliers, na Figura 5.16, indica grandes indícios de desperdício de água, principalmente por haver esses pontos em todos os meses. Isso já era esperado para o ICC, visto que sua rede é muito antiga e seu envelhecimento favorece o surgimento de trincas. Aliado a isso, as altas pressões na entrada da rede, conforme já mencionado, pode romper registros e juntas, aumentando os vazamentos e contribuindo para o desperdício.

Para a Faculdade de Tecnologia é apresentado na Figura 5.17 que mostra o comportamento de consumo de água dessa edificação ao longo dos sete anos analisados. Com base nesse gráfico percebe-se que, apesar da mediana, numa forma geral, possuir uma variabilidade pequena, o terceiro quartil é muito amplo o que mostra fortes possibilidades de que o consumo de água no prédio está maior do que aquele consumo que realmente precisa ter para suprir suas necessidades.

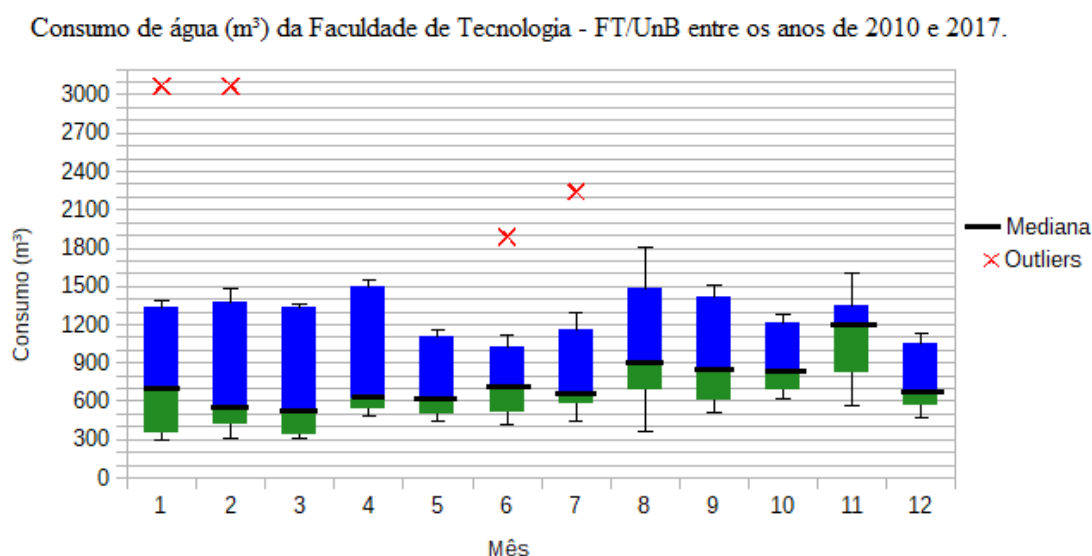


Figura 5.17 – Consumo de água da FT

Ainda sobre a Figura 5.17, nota-se a presença de quatro outliers, sendo que os que mais se destacam são os dos meses de janeiro e fevereiro no qual o limite superior, respectivamente, é de 1776 m³ e 1579 m³ e os outliers chegam na faixa de 3070 m³. É importante ressaltar que ao analisar as contas de água da Faculdade de Tecnologia, apresentadas no *Apêndice 1* deste trabalho, observa-se uma redução no consumo entre os anos de 2010 a 2016. Apesar disso, o ano de 2017, quando comparado com o de 2016, apresenta um aumento de mais de 50% no consumo de água, chegando a dobrar em alguns meses, como, por exemplo, em fevereiro. Esse aumento não deveria ocorrer porque 2017 foi um ano de racionamento de água, ou seja, o consumo deveria ter sido menor. Por conta disso a Faculdade de Tecnologia é considerada um local que deve ser monitorado para descobrir se este aumento do consumo dar-se por vazamentos na rede ou por uso não racional de água, tal como rega de jardins.



No grupo B, os prédios que apresentaram indícios de desperdício de água foram o SG-10 (Dança) e SG-4 (Departamento de música), sendo o comportamento de consumo dessas edificações mostrados nas Figuras 5.18 e 5.19, respectivamente.

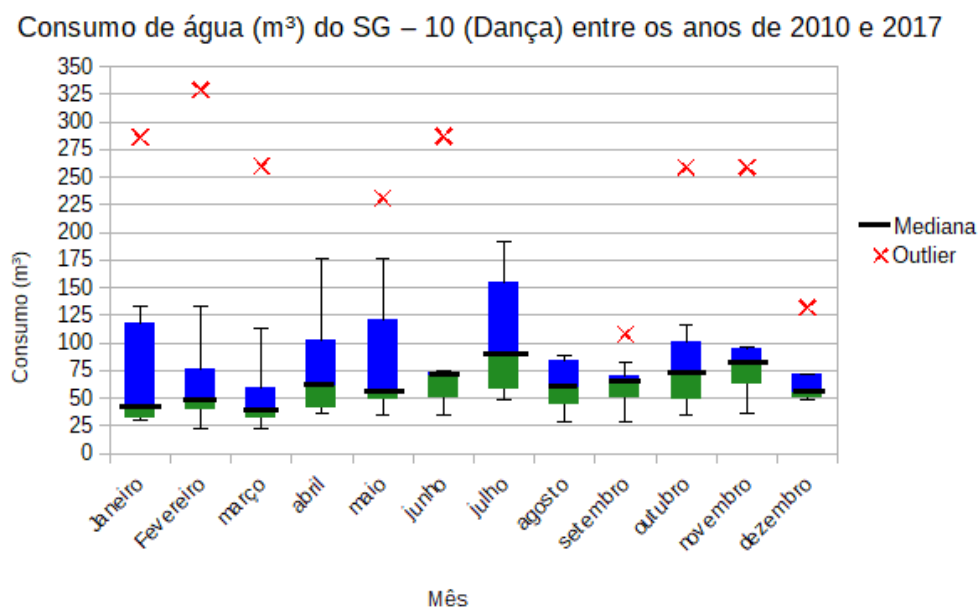


Figura 5.18 – Consumo de água do SG-10.

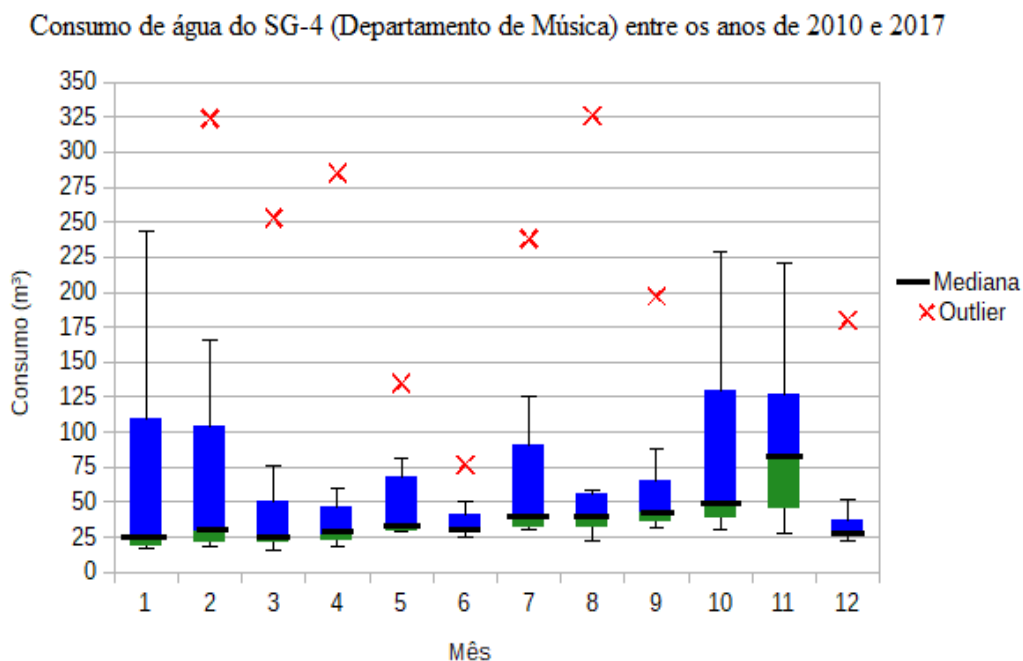


Figura 5.19 – Consumo de água do SG-4.

A Figura 5.18 mostra que em praticamente todos os meses houve outliers. Diante disso, é provável que o SG-10 esteja com problemas de desperdício de água ou vazamentos devendo ser feita uma análise minuciosa para detectar o real motivo. Por outro lado,

analisando as contas de água do SG-4, apresentadas no *Apêndice 1* deste trabalho, percebe-se que no primeiro trimestre dos anos entre 2010 e 2016 o consumo variava em torno de 25 m<sup>3</sup>/mês, contudo, em 2017, também no primeiro trimestre, o volume médio de consumo de água teve um salto para mais de 250 m<sup>3</sup>/mês, sendo que a partir de agosto o consumo voltou a ter um valor compatível com os anos anteriores.

Além disso, a Figura 5.19 mostra que, apesar das medianas não terem uma grande amplitude, o terceiro quartil possui uma variância muito alta e em praticamente todos os meses houve outliers. Nesse contexto, o comportamento de consumo de água do SG-4 indica que está havendo desperdício de água e este prédio precisa passar por uma análise de sua rede para detectar possíveis vazamentos. Com relação aos demais grupos, destaca-se que ao analisar as contas da CAESB de cada prédio, nenhum deles apresentou comportamento suspeito de vazamentos ou qualquer outro indício de desperdício de água, sendo o consumo desses edifícios mantido dentro da média ao longo dos sete anos analisados. Os gráficos para as demais edificações são apresentados no *Apêndice 2* deste trabalho.

## 6. CONCLUSÃO

Apesar da Universidade de Brasília receber um grande quantitativo de pessoas que frequentam e utilizam suas instalações, uma parcela do consumo de água quantificado ocorre por conta de desperdícios advindos do mal uso dos aparelhos hidrossanitários ou de vazamentos nas redes hidráulicas.

Outro fator que contribui para o desperdício de água no Campus Darcy Ribeiro, é o fato de que alguns prédios são abastecidos de forma direta pela CAESB. Esse abastecimento é fornecido com altas pressões e isso leva ao rompimento de tubulações e mal funcionamento de vasos sanitários e torneiras. Uma forma de controlar e reduzir essas pressões é por meio da instalação de Válvulas Redutoras de Pressão e também por meio da introdução de reservatórios para abastecimento contínuo.

A partir das análises das pressões no ICC é possível observar altas oscilações que são típicas de um sistema de abastecimento direto. Além disso, essas pressões são mais altas que a recomendada pela norma o que faz com que o ICC tenha diversos problemas como já discutido. Diante disso, é necessário haver um controle melhor dessas pressões para reduzir o desperdício de água e, conseqüentemente, o consumo.

Para redução das pressões recomenda-se a instalação de uma VRP próxima a entrada de abastecimento do ICC, porque, conforme mostrado na Figura 5.15, não é necessária uma pressão de 47 m.c.a para abastecer o prédio de forma satisfatória, basta uma pressão de no mínimo 15 m.c.a que a edificação inteira seja abastecida sem problemas. Ainda, uma simples alteração na atual rede hidráulica do ICC, como a mostrada na Figura 5.14, seria capaz de reduzir um pouco mais a pressão de entrada na rede.

A partir do estudo de alternativas para abastecimento contínuo das edificações do Campus Darcy Ribeiro também é possível garantir uma maior estabilidade nas pressões além de um aumento na segurança hídrica do Campus. Diante disso, este estudo mostrou o volume necessário dos reservatórios para abastecer cada grupo de edificações do Campus Darcy Ribeiro assim como os volumes comerciais disponíveis no mercado.

Nesse contexto, é mostrado que o Castelo D'água possui volume suficiente para abastecimento contínuo do ICC. Não obstante, na simulação feita no programa EPANET constatou-se que a carga hidráulica fornecida pelo reservatório é suficiente

para abastecer o ICC de forma satisfatória. Diante disso, conclui-se pela viabilidade de o abastecimento do ICC ser feito pelo reservatório Castelo D'água.

Importante ressaltar que o monitoramento dos consumos é fundamental para a manutenção adequada do sistema de abastecimento e deve ser incorporado como uma atividade rotineira da prefeitura da universidade. Assim, caso algum consumo excessivamente alto seja evidenciado, a equipe de manutenção deverá ser acionada para apurar se de fato existe um vazamento ocorrendo. A instalação de manômetros e hidrômetros automáticos, com medições em tempo real, pode ainda auxiliar no monitoramento da rede.

Com isso em mente, este trabalho buscou, por meio da análise das contas de água, encontrar os prédios com consumo de água excessivo e assim indicar os pontos críticos de monitoramento e manutenção. A partir deste estudo, constatou-se que o Instituto Central de Ciências, a Faculdade de Tecnologia, o SG – 10 (Dança) e o SG-4 (Departamento de Música) apresentaram variabilidade excessiva no consumo de água. Portanto, tais prédios estão com indícios de vazamentos, necessitando de manutenção.

Além disso, recomenda-se em trabalho posterior, ampliar as medições de pressões para outros prédios da UnB, além do ICC, porque alguns ainda são abastecidos de forma direta pela CAESB e sofrem com altas pressões. Recomenda-se também especificar melhor os centros de reservação tratados neste trabalho, no sentido de criar croquis para eles e também desenhar a rede de distribuição.

Por fim, são indicados estudos para trabalhar em outros ramais que abastecem a UnB e buscar quais medidas a prefeitura da Universidade tomou desde que foram relatados os problemas de vazamentos em alguns prédios e analisar, por meio de novas contas de água contabilizada, se tais medidas foram efetivas e suficientes para controlar o consumo de água no campus.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água.** Brasília, 2015.

ABES. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate.** Brasília, 2013

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218:** projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ADASA, AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **Escassez de água faz Adasa anunciar medidas de redução de consumo no DF** Disponível em = 244. Acesso em: 7 de novembro de 2017

ARAUJO, G. A; VIRGOLIM, V. R. **Análise de consumo de água e perdas no campus da UnB.** Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 2010.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 6ª d., Rio de Janeiro: LTC, 2006.

DACACH, N. G. **Sistemas Urbanos de água.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1975.

FIBRATEC ENGENHARIA. Reservatório para grandes volumes. Disponível em: <<http://fibratec.com.br/solucoes-para-sustentabilidade/reservatorio-para-grandes-volumes>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

FUNASA, FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água.** 2ª d. Brasília, 2014.

GONÇALVES, E. **Metodologia para controle de perdas em sistemas de distribuição de Água – Estudo de casos da CAESB**. Tese (Mestrado). Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, 1998.

GONÇALVES, E., ALVIM, P. R. A., Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis. Em: A. S. GOMES, **Guias Práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água** (vol. 3). Brasília: Ministério das Cidades SNSA, 2007.

GONÇALVES, E., LIMA, C. V., Controle de pressões e operação de válvulas reguladoras de pressão. Em: A. S. GOMES, **Guias Práticos: Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água** (vol. 4). Brasília: Ministério das Cidades SNSA, 2007.

HELLER, L., PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Ed. UFMG, 2010.

MATOS, C. R; LOPES, T. P. **Consumo de água no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília – Estudo de medidas para redução de perdas**. Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 2016

MORAND, E. Vazamento e Desperdício. Em: E. MORAND; E. A. M. FONSECA; M. BANDEIRA; S. P. FRANÇA; J. M. A. NETTO; O. MUTCHNIK; W. P. COSTA; R. C. 1971.

NIELSEN, M. J; TREVISAN, J.; BONATO, A. & SACHET, M. A. C. **Medição de Água**: Estratégias e Experimentações. Curitiba; Companhia de Saneamento do Paraná; 2003.

PUPPI; F. B. NETTO; P. N. C. FRANCO. **Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água**. (p. 185-236). Universidade Federal do Paraná e Organização Pan-Americana da Saúde, 1973.

RECH, A. L. **Água Micromedição e Perdas**. 2ª d., São Paulo: Scortecci, 1999.

SANTANA, L. M. C.; KIPERSTOCK, R. **Caracterização preliminar de consumo de água em prédios públicos administrativos**. Bahia, 2010

SANTOS, V. **Excesso do consumo de água na UnB: problemas e soluções.** Projeto final de estágio supervisionado. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, 1992.

SILVA, A.C. **Análise de perdas de água no campus da UnB.** Monografia de projeto final em Engenharia Civil. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, 2008.

SOARES, LUCAS. **Análise do plano de prevenção a combate a incêndio na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro.** Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 2018.

**Técnica de Abastecimento de tratamento de água.** (v.1., p.457-488). 2ª d., São Paulo: Convênio CETESB/ASCETESB, 1987<sup>a</sup>. MARTINS, J. A.,

**Técnica de Abastecimento de tratamento de água.** (v.1.p.489-526). 2ª d., São Paulo: Convênio CETESB/ASCETESB, 1987<sup>b</sup>.

TIPLER, P. A. **Física Mecânica.** (vol.1). Ed. Guanabara, 1995.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água:** Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos. São Paulo: Navegar, 2000.

TSUTIYA M. T. **Abastecimento de Água.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VARGES; N. CRISPINO & J. MOZETIC **Operação e Manutenção de Sistemas de Distribuição de Águas** (p. 1-90). São Paulo; CETESB, 1971.

YASSUDA, E. R. e NOGAMI, P. S. Consumo de Água. Em: B. E. B. PEREIRA; E. R. YASSUDA; J. A. MARTINS; P. S. NOGAMI; S. GAGLIANONE & W. E. OLIVEIRA.



## **8. APÊNDICE**

*Apêndice A1 - Planilha de consumo de água fornecida pela prefeitura (Exemplo - 2017)*



LOCAL	QUADRO RESUMO DE CONSUMO DE ÁGUA – 2017														
	m3/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m3	TOTAL R\$
UNB INST.CENTRAL DE CIÊNCIAS ICC-I	m³	6421	6728	6307	7737	7157	8383	8467	7071	7469	7333	-	--	73073	
	R\$	R\$ 169.410,12	R\$ 177.514,92	R\$ 166.400,52	R\$ 204.152,52	R\$ 188.840,52	R\$ 201.432,52	R\$ 209.375,78	R\$ 174.838,74	R\$ 184.685,26	R\$ 181.320,62	-	-		R\$ 1.857.971,52
FUB -SCEN TR ESTAÇÃO EXP. BIOLOGIA	m³	857	751	709	667	567	727	717	627	709	693	-	-	7024	
	R\$	R\$ 22.520,52	R\$ 19.722,12	R\$ 18.613,32	R\$ 17.504,52	R\$ 14.864,52	R\$ 17.382,28	R\$ 17.640,78	R\$ 15.414,18	R\$ 17.442,86	R\$ 17.047,02	-	-		R\$ 178.152,12
UNB INST DE CIENCIAS SOCIAIS	m³	56	55	49	75	66	75	76	54	81	89	-	-	676	
	R\$	R\$ 1.374,12	R\$ 1.347,72	R\$ 1.189,32	R\$ 1.875,72	R\$ 1.638,12	R\$ 1.708,20	R\$ 1.782,44	R\$ 1.238,16	R\$ 1.906,14	R\$ 2.104,06	-	-		R\$ 16.164,00
Fundação Universidade de BRASÍLIA SCLN 406 BL A SS 72	m³	50	50	50	50	10	50	50	50	10	10	-	-	380	
	R\$	R\$ 1.215,72	R\$ 1.215,72	R\$ 1.215,72	R\$ 1.215,72	R\$ 145,20	R\$ 1.107,20	R\$ 1.139,20	R\$ 1.139,20	R\$ 149,60	R\$ 149,60	-	-		R\$ 8.692,88
Fundação Universidade de BRASÍLIA SRNA Q 06 CJ M C 28	m³	50	50	10	50	50	50	50	50	50	50	-	-	460	
	R\$	R\$ 994,68	R\$ 994,68	R\$ 116,16	R\$ 994,68	R\$ 994,68	R\$ 885,76	R\$ 911,36	R\$ 911,36	R\$ 911,36	R\$ 911,36	-	-		R\$ 8.626,08



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA UNB FUBRA	m³	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	100	
	R\$	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	-	-		R\$ 1.470,00
UNB LAB. ENG. MECÂNICA SG 9 LIG 2	m³	50	101	75	112	100	98	64	83	94	61	-	-	838	
	R\$	R\$ 1.215,72	R\$ 2.647,12	R\$ 1.875,72	R\$ 2.852,52	R\$ 2.535,72	R\$ 2.261,12	R\$ 1.485,56	R\$ 1.955,62	R\$ 2.227,76	R\$ 1.411,34	-	-		R\$ 20.468,20
UNB SISMOLÓGICO 02 SIS LIGAÇÃO 2	m³	47	67	41	31	30	36	31	36	44	38	-	-	401	
	R\$	R\$ 1.136,52	R\$ 1.664,52	R\$ 978,12	R\$ 714,12	R\$ 687,72	R\$ 770,64	R\$ 669,14	R\$ 792,84	R\$ 990,76	R\$ 842,32	-	-		R\$ 9.246,70
FACULDADE DE TECNOLOGIA FTD LIG 1	m³	751	435	349	623	578	646	700	707	712	880	-	-	6381	
	R\$	R\$ 19.722,12	R\$ 11.379,72	R\$ 9.109,32	R\$ 16.342,92	R\$ 15.154,92	R\$ 15.435,04	R\$ 17.220,20	R\$ 17.393,38	R\$ 17.517,08	R\$ 21.673,40	-	-		R\$ 160.948,10
UNB LAB. ENG. CIVIL SG 12 - 1	m³	316	225	244	207	172	186	143	122	170	221	-	-	2006	
	R\$	R\$ 8.238,12	R\$ 5.835,72	R\$ 6.337,32	R\$ 5.360,52	R\$ 4.436,52	R\$ 4.376,64	R\$ 3.440,02	R\$ 2.920,48	R\$ 4.108,00	R\$ 5.369,74	-	-		R\$ 50.423,08
UNB ARQUITETURA DANÇA SG 10-1 CEPLAN	m³	113	58	23	41	58	74	182	35	45	38	-	-	667	
	R\$	R\$ 2.878,92	R\$ 1.426,92	R\$ 502,92	R\$ 978,12	R\$ 1.426,92	R\$ 1.684,16	R\$ 4.404,88	R\$ 768,10	R\$ 1.015,50	R\$ 842,32	-	-		R\$ 15.928,76



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNB FACULDADE DE MEDICINA CIÊNCIAS SAÚDE	m³	299	300	333	657	644	-	535	408	579	753	-	-	4508	
	R\$	R\$ 7.789,32	R\$ 7.815,72	R\$ 8.686,92	R\$ 17.240,52	R\$ 16.897,32	-	R\$ 13.138,10	R\$ 9.996,12	R\$ 14.226,66	R\$ 18.531,42	-	-		R\$ 114.322,10
UNB PAVILHÃO ANÍSIO TEIXEIRA	m³	51	73	29	226	418	-	4789881	114	219	202	-	-	4791213	
	R\$	R\$ 1.242,12	R\$ 1.822,92	R\$ 661,32	R\$ 5.862,12	R\$ 10.930,92	-	R\$ 7.893,22	R\$ 2.722,56	R\$ 5.320,26	R\$ 4.899,68	-	-		R\$ 41.355,12
UnB ALMOXARIFADO CENTRAL LIG. 01	m³	86	79	57	61	45	-	56	69	106	88	-	-	647	
	R\$	R\$ 2.166,12	R\$ 1.981,32	R\$ 1.400,52	R\$ 1.506,12	R\$ 1.083,72	-	R\$ 1.287,64	R\$ 1.609,26	R\$ 2.524,64	R\$ 2.079,32	-	-		R\$ 15.638,66
UnB CENTRO COMUNITÁRIO CCAB - 01	m³	258	239	218	465	543	-	438	965	1719	2010	-	-	6855	
	R\$	R\$ 6.706,92	R\$ 6.205,32	R\$ 5.650,92	R\$ 12.171,72	R\$ 14.230,92	-	R\$ 10.738,32	R\$ 23.776,30	R\$ 42.430,26	R\$ 49.629,60	-	-		R\$ 171.540,28
UNB DEPARTAMENTO DE MÚSICA SG-4 1	m³	244	324	253	285	63	-	125	22	42	35	-	-	1393	
	R\$	R\$ 6.337,32	R\$ 8.449,32	R\$ 6.574,92	R\$ 7.419,72	R\$ 1.558,92	-	R\$ 2.994,70	R\$ 446,48	R\$ 941,28	R\$ 768,10	-	-		R\$ 35.490,76
UNB INSTITUTO DE ARTES 1	m³	172	62	47	94	74	32	27	11	10	10	-	-	539	
	R\$	R\$ 4.436,52	R\$ 1.532,52	R\$ 1.136,52	R\$ 2.377,32	R\$ 1.849,32	R\$ 674,48	R\$ 570,18	R\$ 174,34	R\$ 149,60	R\$ 149,60	-	-		R\$ 13.050,40



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNB COMPLEXO DAS ARTES	m³	1242	1210	280	293	328	476	320	76	128	105	-	-	4458	
	R\$	R\$ 32.684,52	R\$ 31.839,72	R\$ 7.287,72	R\$ 7.630,92	R\$ 8.554,92	R\$ 11.348,24	R\$ 7.819,00	R\$ 1.782,44	R\$ 3.068,92	R\$ 2.499,90	-	-		R\$ 114.516,30
PAVILHÃO MULTIUSO UNB MULTIUSO 01	m³	308	233	238	301	405	432	403	369	374	627	-	-	3690	
	R\$	R\$ 8.026,92	R\$ 6.046,92	R\$ 6.178,92	R\$ 7.842,12	R\$ 10.587,72	R\$ 10.290,48	R\$ 9.872,42	R\$ 9.031,26	R\$ 9.154,96	R\$ 15.414,18	-	-		R\$ 92.445,90
UNB MULTIUSO II LIGAÇÃO 01	m³	168	158	125	153	132	181	87	27	25	28	-	-	1084	
	R\$	R\$ 4.330,92	R\$ 4.066,92	R\$ 3.195,72	R\$ 3.934,92	R\$ 3.380,52	R\$ 4.256,44	R\$ 2.054,58	R\$ 570,18	R\$ 520,70	R\$ 594,92	-	-		R\$ 26.905,82
UNB CENT DE EXCELENCIA EM TURISMO LIG 01	m³	438	75	10	10	10	1104	1390	1484	1251	637	-	-	6409	
	R\$	R\$ 11.458,92	R\$ 1.875,72	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 26.445,36	R\$ 34.290,80	R\$ 36.616,36	R\$ 30.851,94	R\$ 15.661,58	-	-		R\$ 157.636,28
UNB NUCLEO DE MEDICINA TROPICAL 01	m³	95	76	47	245	91	246	169	93	72	111	-	-	1245	
	R\$	R\$ 2.403,72	R\$ 1.902,12	R\$ 1.136,52	R\$ 6.363,72	R\$ 2.298,12	R\$ 5.819,04	R\$ 4.083,26	R\$ 2.203,02	R\$ 1.683,48	R\$ 2.648,34	-	-		R\$ 30.541,34
UNB- SGP	m³	10	14	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	104	
	R\$	R\$ 145,20	R\$ 265,32	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	-	-		R\$ 1.590,12



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNB CENTRO DE CONVIVÊNCIA NEGRA	m³	24	30	14	63	38	29	10	21	16	14	-	-	259	
	R\$	R\$ 529,32	R\$ 687,72	R\$ 265,32	R\$ 1.558,92	R\$ 898,92	R\$ 602,36	R\$ 149,60	R\$ 421,74	R\$ 298,04	R\$ 248,56	-	-		R\$ 5.660,50
UNB POSTO DA PM - PMDF	m³	25	10	17	15	14	17	34	41	31	36	-	-	240	
	R\$	R\$ 555,72	R\$ 145,20	R\$ 344,52	R\$ 291,72	R\$ 265,32	R\$ 313,88	R\$ 743,36	R\$ 916,54	R\$ 669,14	R\$ 792,84	-	-		R\$ 5.038,24
PREFEITURA DA UNB LIGAÇÃO 02	m³	510	448	508	601	680	767	691	515	532	532	-	-	5784	
	R\$	R\$ 13.359,72	R\$ 11.722,92	R\$ 13.306,92	R\$ 1.558,92	R\$ 17.847,72	R\$ 18.343,88	R\$ 16.997,54	R\$ 12.643,30	R\$ 13.063,88	R\$ 13.063,88	-	-		R\$ 131.908,68
OFICINA MAQUETE P INSTITUTO DE ARTE UNB	m³	14	14	10	10	10	10	10	16	66	67	-	-	227	
	R\$	R\$ 265,32	R\$ 265,32	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,60	R\$ 149,60	R\$ 298,04	R\$ 1.535,04	R\$ 1.559,78	-	-		R\$ 4.654,30
UnB FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA	m³	802	2067	1853	687	554	359	334	308	290	345	-	-	7599	
	R\$	R\$ 21.068,52	R\$ 54.464,52	R\$ 48.814,92	R\$ 18.032,52	R\$ 14.521,32	R\$ 8.535,56	R\$ 8.165,36	R\$ 7.522,12	R\$ 7.076,80	R\$ 8.437,50	-	-		R\$ 196.639,14
UnB CENTRO OLÍMPICO LIG - 1	m³	226	361	1212	1105	358	320	243	187	391	301	-	-	4704	
	R\$	R\$ 5.862,12	R\$ 9.426,12	R\$ 31.892,52	R\$ 29.067,72	R\$ 9.346,92	R\$ 7.598,00	R\$ 5.914,02	R\$ 4.528,58	R\$ 9.575,54	R\$ 7.348,94	-	-		R\$ 120.560,48



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNB - REITORIA LIGAÇÃO 01	m³	543	636	547	831	368	431	353	384	351	327	-	-	4771	
	R\$	R\$ 14.230,92	R\$ 16.686,12	R\$ 14.336,52	R\$ 21.834,12	R\$ 9.610,92	R\$ 10.266,44	R\$ 8.635,42	R\$ 9.402,36	R\$ 8.585,94	R\$ 7.992,18	-	-		R\$ 121.580,94
BIBLIOTECA CENTRA-BCE LIGAÇÃO 02	m³	185	477	410	631	600	701	639	521	665	750	-	-	5579	
	R\$	R\$ 4.779,72	R\$ 12.488,52	R\$ 10.719,72	R\$ 16.554,12	R\$ 15.735,72	R\$ 16.757,24	R\$ 15.711,06	R\$ 12.791,74	R\$ 16.354,30	R\$ 18.457,20	-	-		R\$ 140.349,34
TERMOBIOLOGIA - UNB	m³	135	129	132	158	120	103	138	120	126	132	-	-	1293	
	R\$	R\$ 3.459,72	R\$ 3.301,32	R\$ 3.380,52	R\$ 4.066,92	R\$ 3.063,72	R\$ 2.381,32	R\$ 3.316,32	R\$ 2.871,00	R\$ 3.019,44	R\$ 3.167,88	-	-		R\$ 32.028,16
UNB GEOGRONOLOGIA	m³	78	40	70	80	74	74	90	69	56	57	-	-	688	
	R\$	R\$ 1.954,92	R\$ 951,72	R\$ 1.743,72	R\$ 2.007,72	R\$ 1.849,32	R\$ 1.684,16	R\$ 2.128,80	R\$ 1.609,26	R\$ 1.287,64	R\$ 1.312,38	-	-		R\$ 16.529,64
UNB LAB. ANEXO FARMA	m³	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	100	
	R\$	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	R\$ 149,60	-	-		R\$ 1.470,00
INST. DE QUÍMICA UNB	m³	347	236	229	410	356	451	441	327	402	377	-	-	3576	
	R\$	R\$ 9.056,52	R\$ 6.126,12	R\$ 5.941,32	R\$ 10.719,72	R\$ 9.294,12	R\$ 10.747,24	R\$ 10.812,54	R\$ 7.992,18	R\$ 9.847,68	R\$ 9.229,18	-	-		R\$ 89.766,62





LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
GARAGEM DA UNB	m³	105	100	100	40	145	100	73	90	63	60	-	-	876	
	R\$	R\$ 2.667,72	R\$ 2.535,72	R\$ 2.535,72	R\$ 951,72	R\$ 3.723,72	R\$ 2.309,20	R\$ 1.708,22	R\$ 2.128,80	R\$ 1.460,82	R\$ 1.386,60	-	-		R\$ 21.408,24
UNB – CDT	m³	116	102	86	133	113	145	119	132	157	149	-	-	1252	
	R\$	R\$ 2.958,12	R\$ 2.588,52	R\$ 2.166,12	R\$ 3.406,92	R\$ 2.878,92	R\$ 3.391,00	R\$ 2.846,26	R\$ 3.167,88	R\$ 3.786,38	R\$ 3.588,46	-	-		R\$ 30.778,58
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	m³	738	731	739	940	896	976	895	694	905	1230	-	-	8744	
	R\$	R\$ 19.378,92	R\$ 19.194,12	R\$ 19.405,32	R\$ 24.711,72	R\$ 23.550,12	R\$ 23.368,24	R\$ 22.044,50	R\$ 17.071,76	R\$ 22.291,90	R\$ 30.332,40	-	-		R\$ 221.349,00
UNB CRAD PROX GEOCRONOLO	m³	67	65	37	25	49	48	251	10	47	77	-	-	676	
	R\$	R\$ 1.664,52	R\$ 1.611,72	R\$ 872,52	R\$ 555,72	R\$ 1.189,32	R\$ 1.059,12	R\$ 6.111,94	R\$ 149,60	R\$ 1.064,98	R\$ 1.807,18	-	-		R\$ 16.086,62
Prédio do CPD	m³	71	70	61	71	59	71	83	68	72	54	-	-	680	
	R\$	R\$ 1.770,12	R\$ 1.743,72	R\$ 1.506,12	R\$ 1.770,12	R\$ 1.453,32	R\$ 1.612,04	R\$ 1.955,62	R\$ 1.584,52	R\$ 1.683,48	R\$ 1.238,16	-	-		R\$ 16.317,22
UNB ENTR FACUL MED/BIO (BSA SUL)	m³	89	299	155	516	487	508	487	243	352	533	-	-	3669	
	R\$	R\$ 2.245,32	R\$ 7.789,32	R\$ 3.987,72	R\$ 13.519,12	R\$ 12.752,52	R\$ 12.117,52	R\$ 11.950,58	R\$ 5.914,02	R\$ 8.610,68	R\$ 13.088,62	-	-		R\$ 91.975,42



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
Fundação Universidade de BRASÍLIA ao lado do CEFTRU	m³	22	24	27	29	28	43	34	44	38	37	-	-	326	
	R\$	R\$ 473,52	R\$ 529,32	R\$ 608,52	R\$ 661,32	R\$ 634,92	R\$ 938,92	R\$ 743,36	R\$ 990,76	R\$ 842,32	R\$ 817,58	-	-		R\$ 7.240,54
CAMPUS PLANALTINA VNSF CJ B2 AREA UNIV 2 UNB	m³	195	509	354	631	563	662	686	291	477	476	-	-	4844	
	R\$	R\$ 2.751,12	R\$ 7.272,72	R\$ 5.040,72	R\$ 9.029,52	R\$ 8.050,32	R\$ 7.909,84	R\$ 8.436,92	R\$ 3.550,77	R\$ 5.851,59	R\$ 5.839,22	-	-		R\$ 63.732,74
UnB Ceilândia (ESCOLA) QNN 26	m³	135	204	166	937	863	1102	1119	393	1135	1253	-	-	7307	
	R\$	R\$ 3.459,72	R\$ 5.281,32	R\$ 4.278,12	R\$ 24.632,52	R\$ 22.678,92	R\$ 26.397,28	R\$ 27.586,26	R\$ 9.625,02	R\$ 27.982,10	R\$ 30.901,42	-	-		R\$ 182.822,68
UNB OCA 01 PIJ OCA 01	m³	70	62	67	71	71	68	59	61	99	132	-	-	760	
	R\$	R\$ 1.743,72	R\$ 1.532,52	R\$ 1.664,52	R\$ 1.770,12	R\$ 1.770,12	R\$ 1.539,92	R\$ 1.361,86	R\$ 1.411,34	R\$ 2.351,46	R\$ 3.167,88	-	-		R\$ 18.313,46
UNB CECIL COMP DE EDUCAÇÃO CULT E LAZER UNB SLE LT 01 PROJ A FGA GAMA	m³	284	191	116	538	609	662	924	806	989	1242	-	-	6361	
	R\$	R\$ 3.360,60	R\$ 2.244,60	R\$ 1.344,60	R\$ 6.408,60	R\$ 7.260,60	R\$ 7.909,84	R\$ 11.380,98	R\$ 9.921,32	R\$ 12.185,03	R\$ 15.314,64	-	-		R\$ 77.330,81
UnB FACE	m³	10	11	10	62	20	10	45	37	207	252	-	-	664	
	R\$	R\$ 145,20	R\$ 186,12	R\$ 145,20	R\$ 1.532,52	R\$ 423,72	R\$ 145,60	R\$ 1.015,50	R\$ 817,58	R\$ 5.023,38	R\$ 6.136,68	-	-		R\$ 15.571,50



LOCAL	QUADRO RESUMO DO CONSUMO DE ÁGUA - 2017														
	m³/R\$	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL m³	TOTAL R\$
UNB – CIC	m³	62	161	10	299	272	238	211	251	168	73	-	-	1745	
	R\$	R\$ 1.532,52	R\$ 4.146,12	R\$ 145,20	R\$ 7.789,32	R\$ 7.076,52	R\$ 5.626,72	R\$ 5.122,34	R\$ 6.111,94	R\$ 4.058,52	R\$ 1.708,22	-	-		R\$ 43.317,42
UNB – EST	m³	50	48	30	43	45	60	73	65	88	83	-	-	585	
	R\$	R\$ 1.215,72	R\$ 1.162,92	R\$ 687,72	R\$ 1.030,92	R\$ 1.083,72	R\$ 1.347,60	R\$ 1.708,22	R\$ 1.510,30	R\$ 2.079,32	R\$ 1.955,62	-	-		R\$ 13.782,06
BSAN UNB LD BSAN	m³	83	121	103	131	341	379	446,00	249,00	366,00	288,00	-	-	2507	
	R\$	R\$ 2.086,92	R\$ 3.090,12	R\$ 2.614,92	R\$ 3.354,12	R\$ 8.898,12	R\$ 9.016,36	R\$ 10.936,24	R\$ 6.062,46	R\$ 8.957,04	R\$ 7.027,32	-	-		R\$ 62.043,62
Hospital Veterinário G. Torto	m³	701	555	483	636	831	-	1198	1.311,00	703	-	-	-	6418	
	R\$	R\$ 11.137,83	R\$ 9.206,43	R\$ 7.349,55	R\$ 9.209,20	R\$ 11.909,52	-	R\$ 14.770,36	16168,17	R\$ 8.647,21	-	-	-		R\$ 88.398,27
SANEAGO UNB CERRADO	m³	2	2	2	3	2	8	4	16	9	7	-	-	55	
	R\$	R\$ 19,21	R\$ 20,04	R\$ 19,70	R\$ 23,03	R\$ 19,21	R\$ 42,13	R\$ 71,26	R\$ 82,60	R\$ 50,52	R\$ 41,80	-	-		R\$ 389,50
UNB CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO A	m³	528	450	450	749	457	482	531	453	522	525	-	-	5147	
	R\$	R\$ 4.082,83	R\$ 2.574,00	R\$ 2.574,00	R\$ 7.160,33	R\$ 3.178,01	R\$ 2.923,48	R\$ 3.541,14	R\$ 2.687,82	R\$ 3.442,68	R\$ 3.475,50	-	-		R\$ 35.639,79
B CASA DO ESTUDANTE – CEU BLOCO B LIG 4	m³	13	10	10	10	10	10	10	221	50	50	-	-	394	
	R\$	R\$ 238,92	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,20	R\$ 145,60	R\$ 149,60	R\$ 5.369,74	R\$ 1.139,20	R\$ 1.139,20	-	-		R\$ 8.763,06

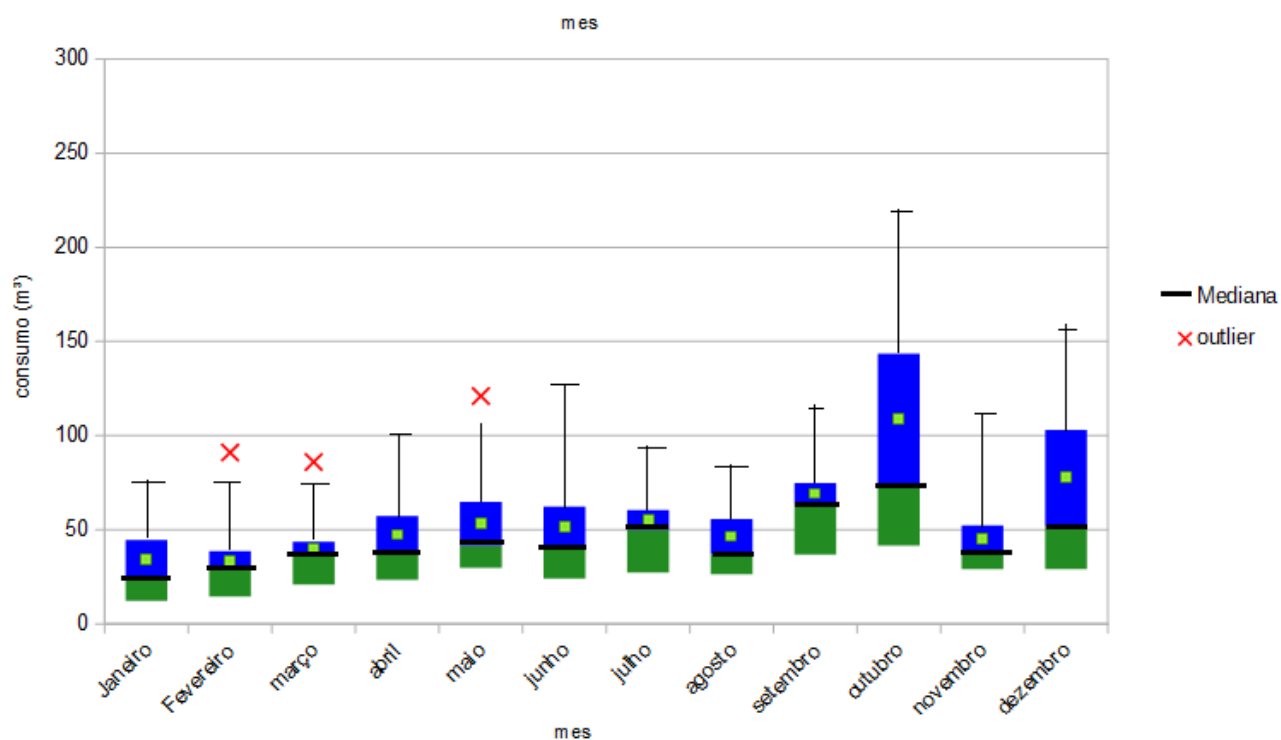


## *Apêndice A2 – Gráficos Box-Plot das demais edificações*

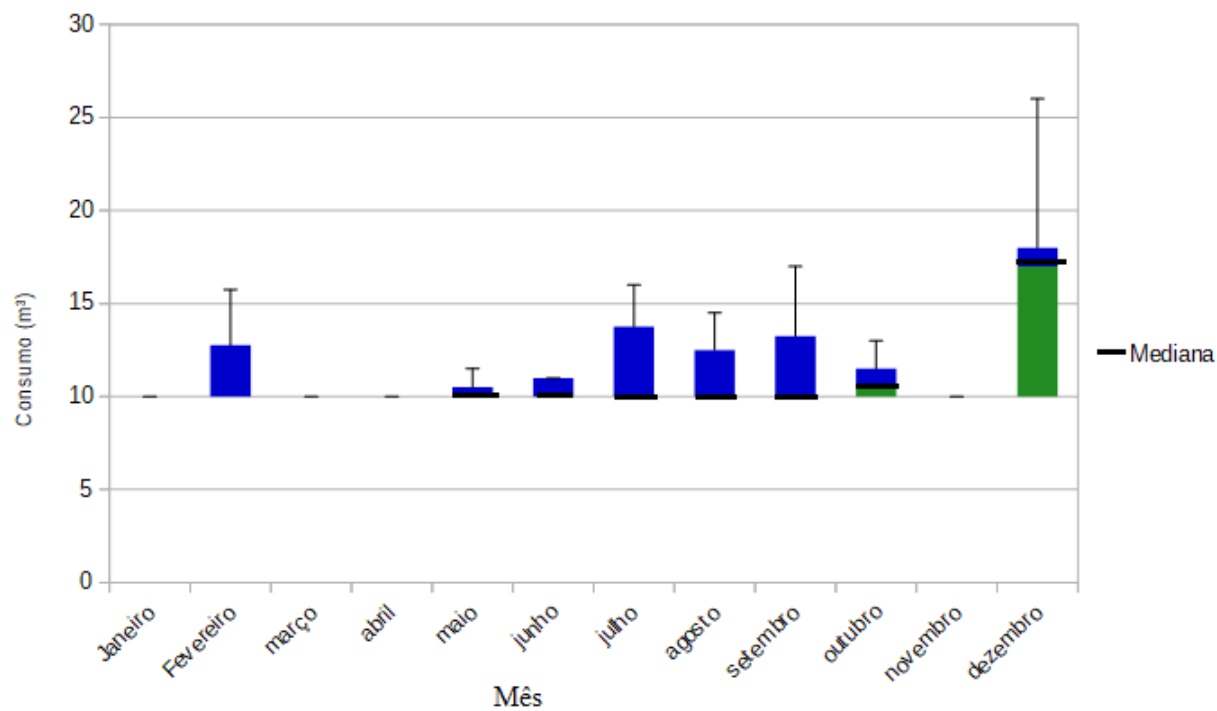


- Grupo B

Consumo de água (m³) do SG-2 (Departamento de Música) entre os anos de 2010 e 2017



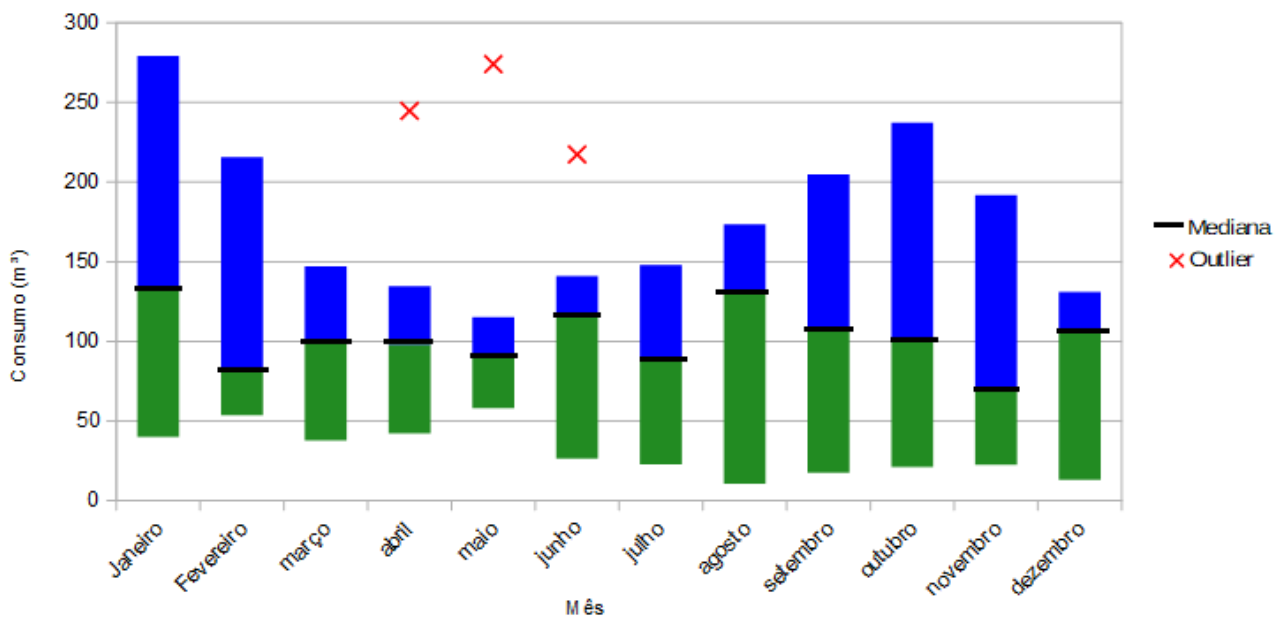
Consumo de água (m³) do SG - 8 (Auditório de Música) entre os anos de 2010 e 2017



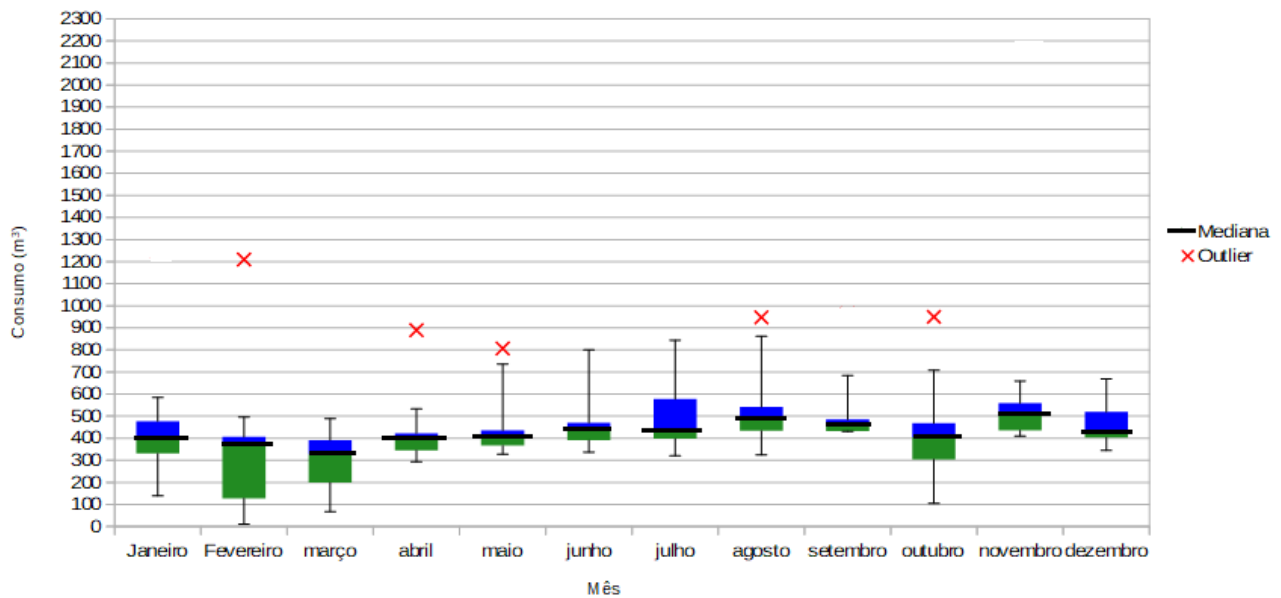


- Grupo C

Consumo de água (m<sup>3</sup>) do Instituto de Artes entre os anos de 2010 e 2017.

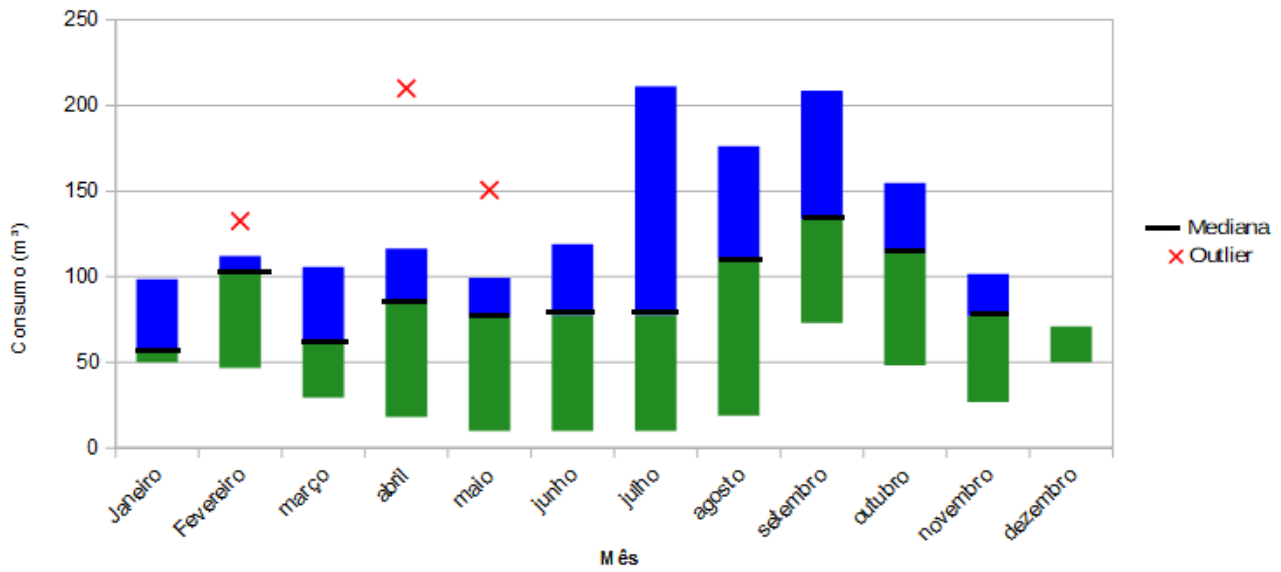


Consumo de água (m<sup>3</sup>) do Complexo de Artes entre os anos de 2010 e 2017



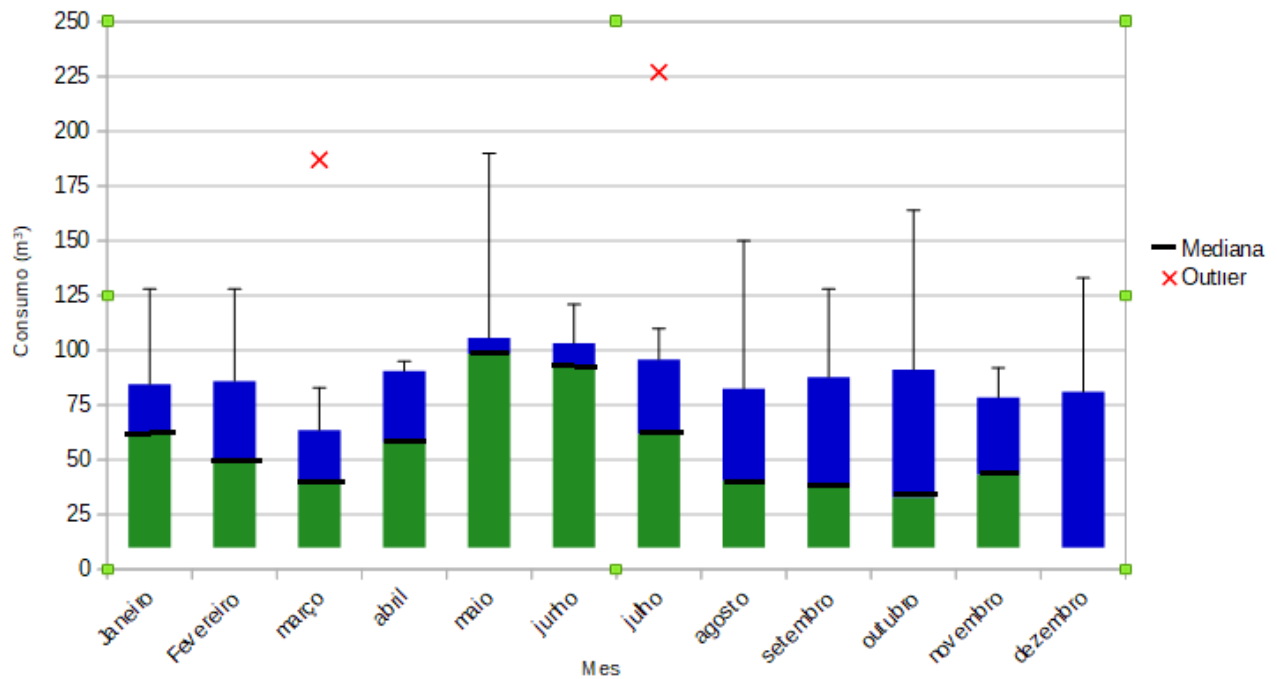


Consumo de água (m³) do SG- 9 entre os anos de 2010 e 2017.



- **Grupo D**

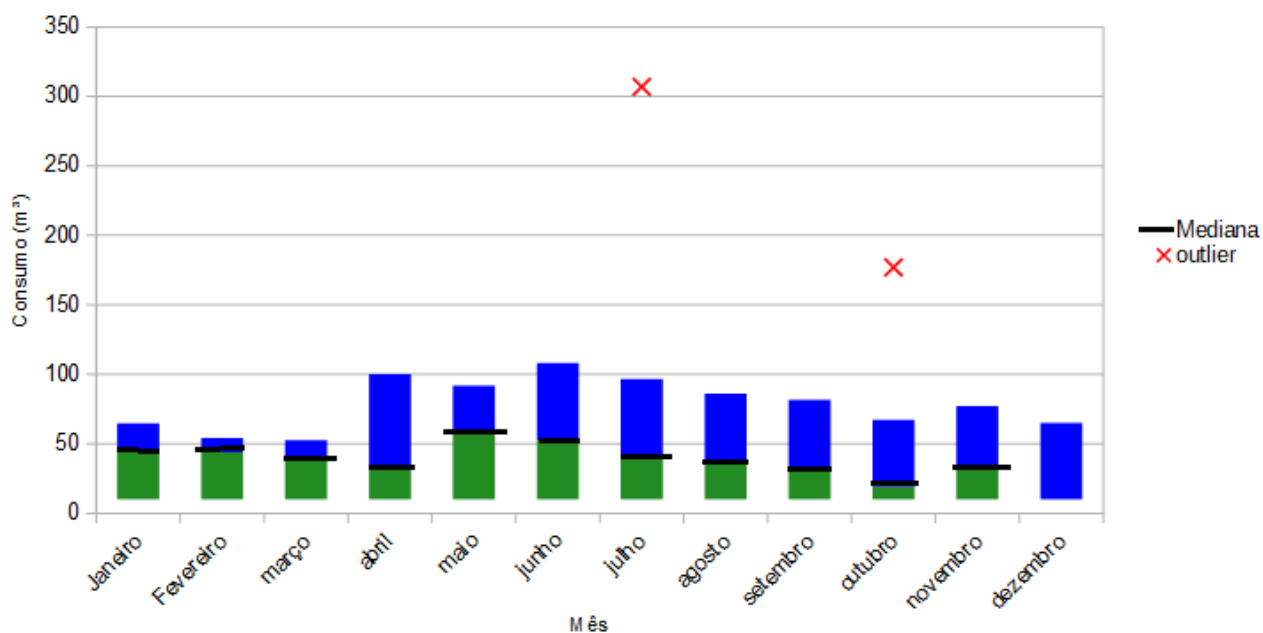
Consumo de água (m³) da Faculdade de Educação FE 1 entre os anos de 2010 e 2017



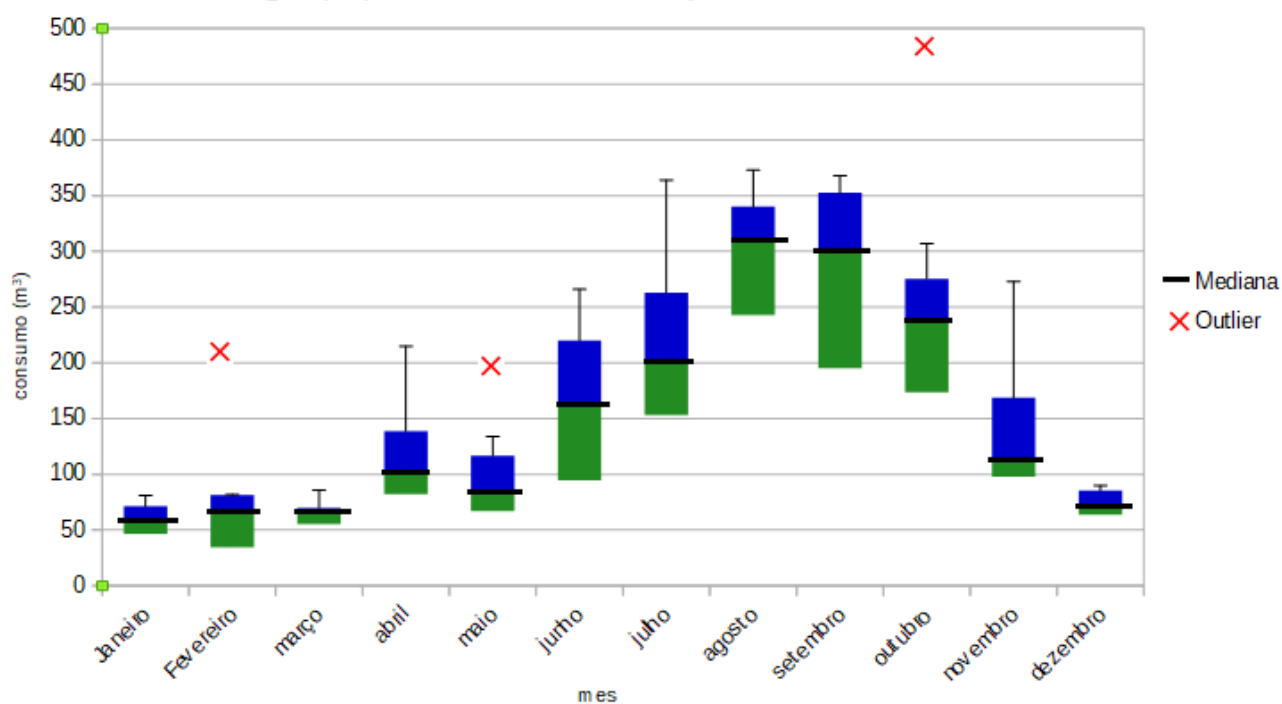




Consumo de água (m<sup>3</sup>) da Faculdade de Educação FE 3 entre os anos de 2010 e 2017

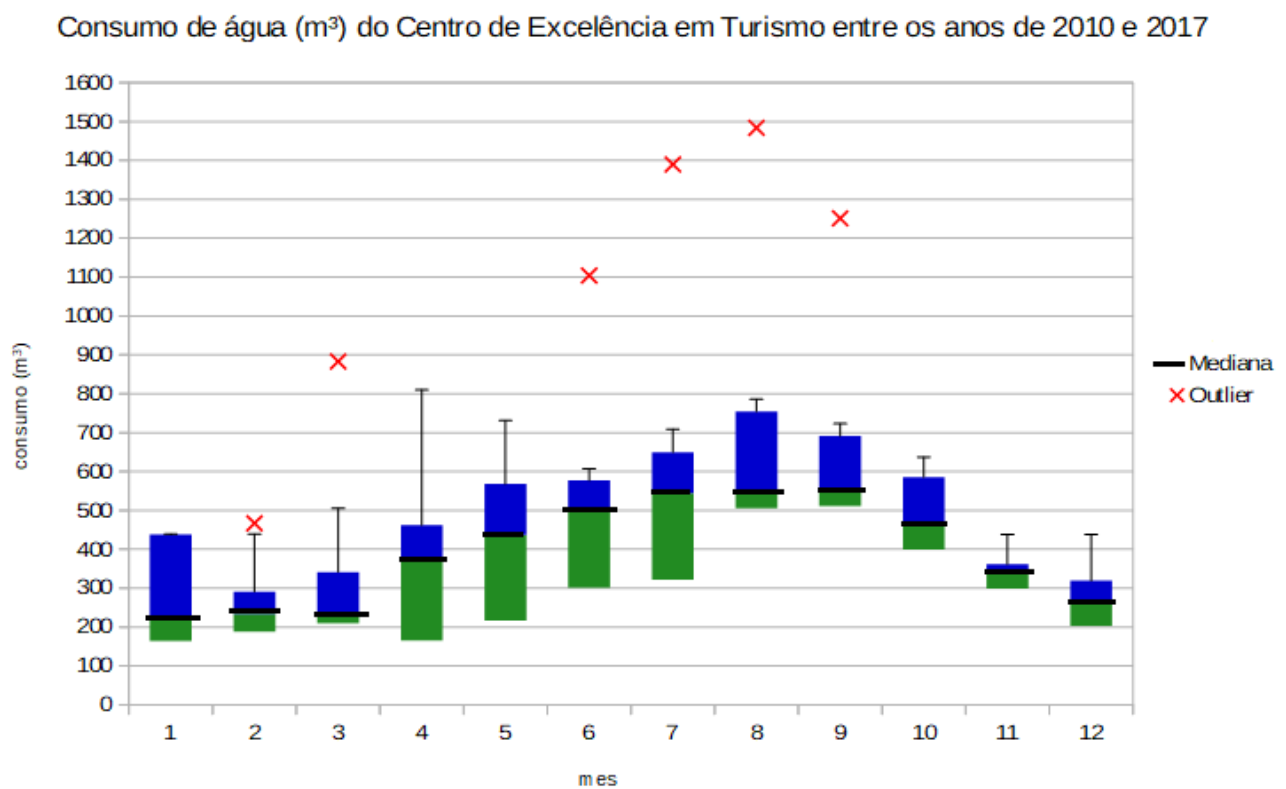
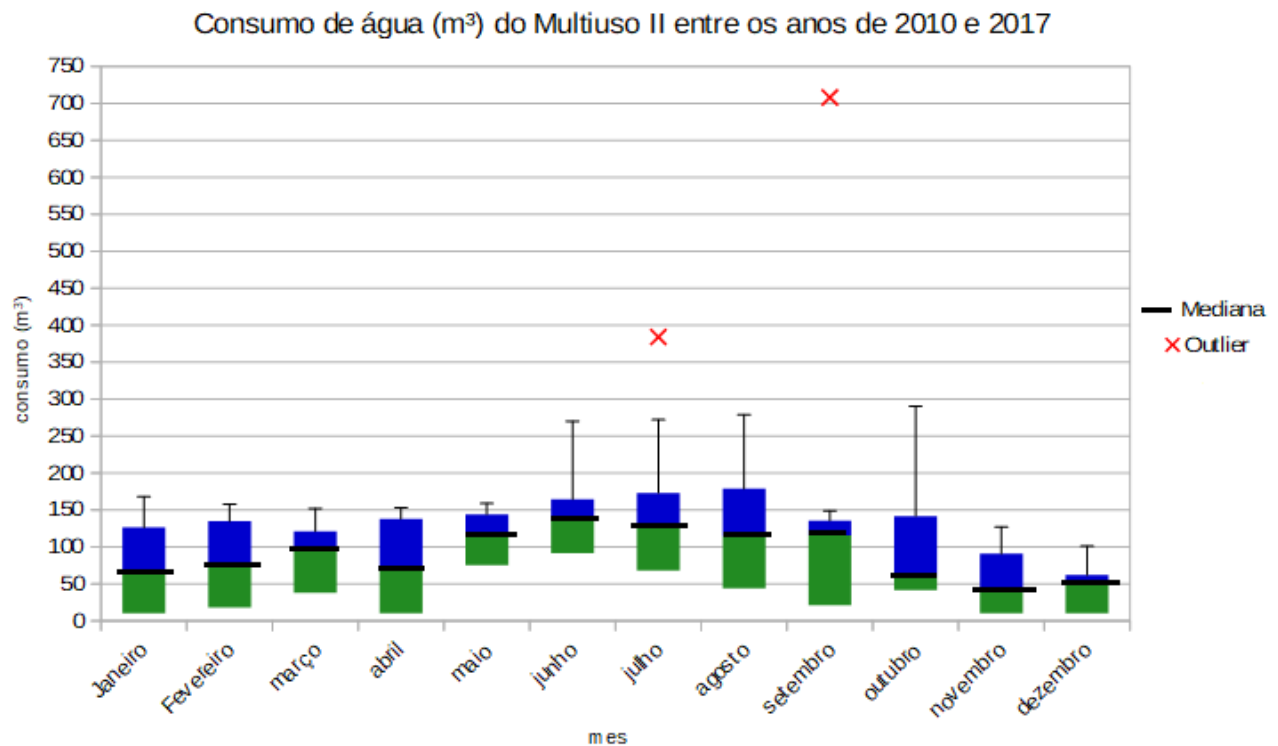


Consumo de água (m<sup>3</sup>) da Faculdade de Educação FE 5 entre os anos de 2010 e 2017



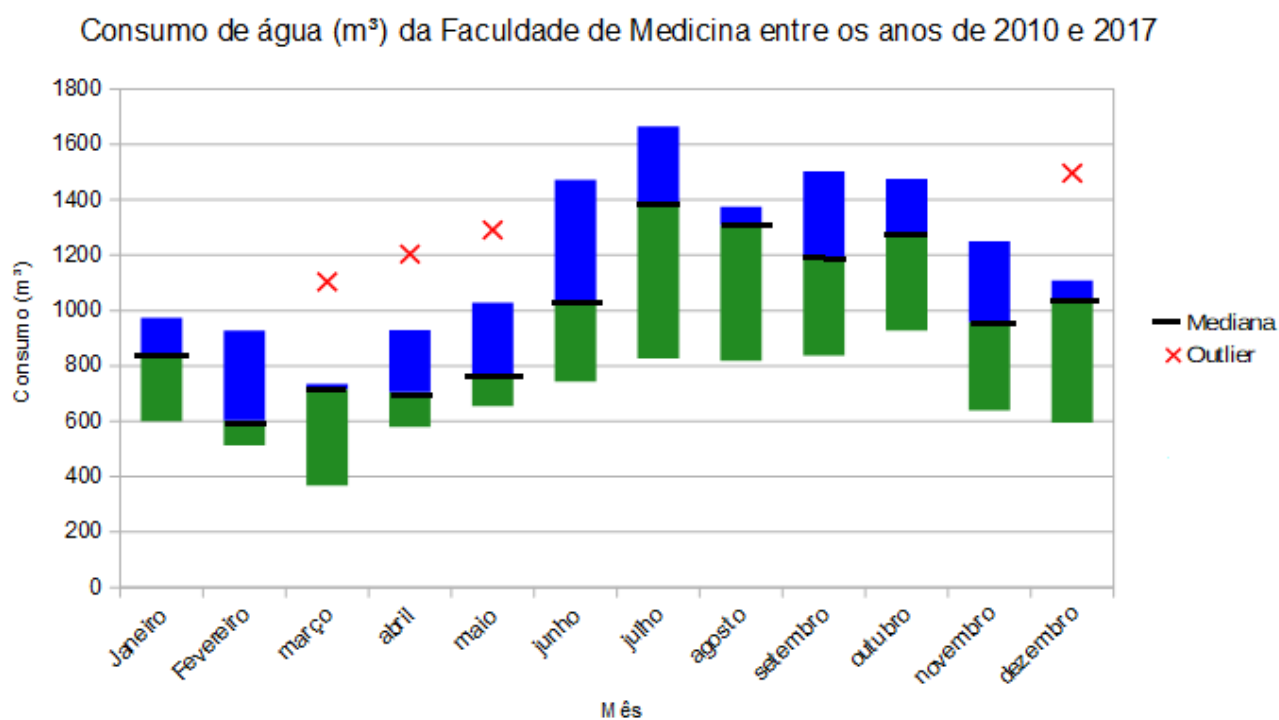
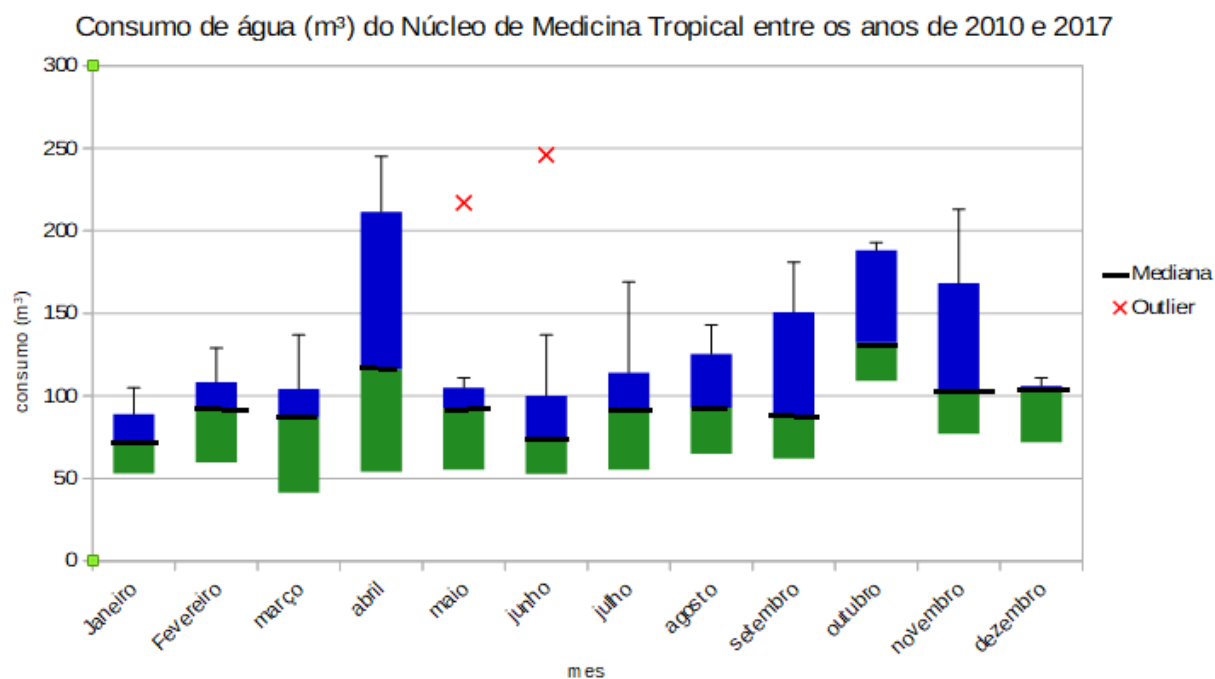


- Grupo E





- Grupo F





*Apêndice A3 – Planta do Instituto Central de Ciências (ICC)*

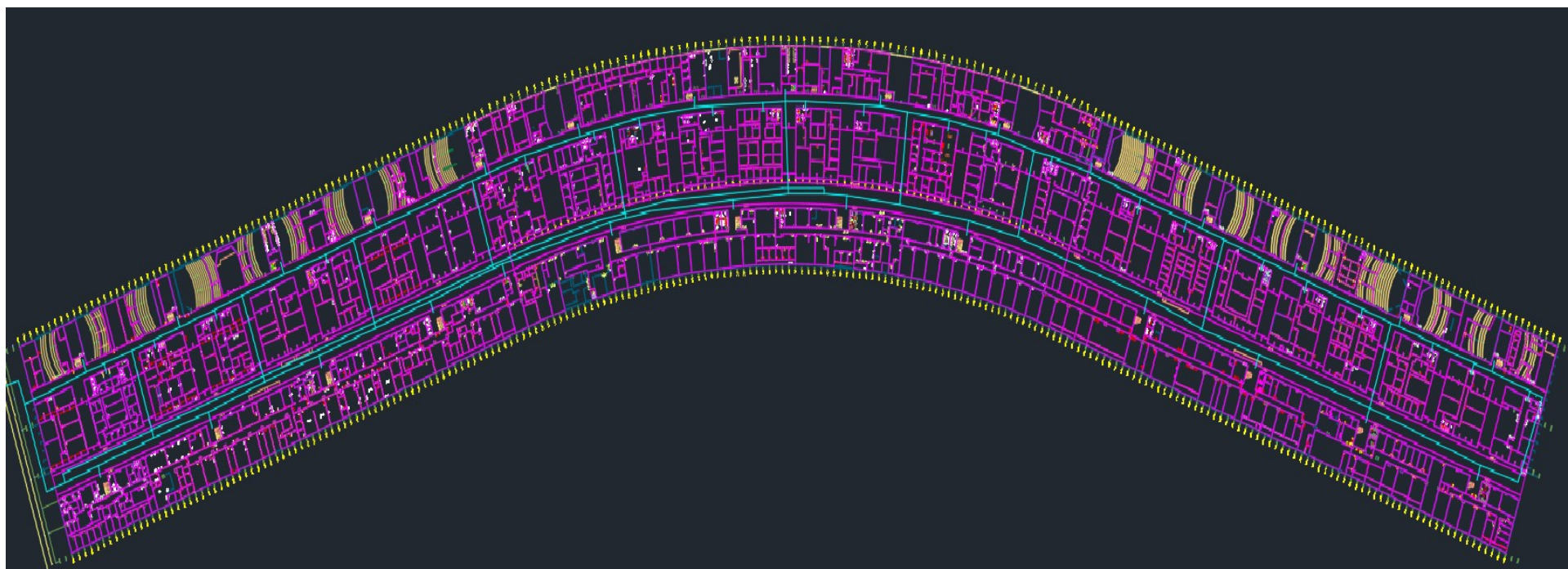


Figura 8.1 – Planta do Instituto Central de Ciências (ICC) com desenho da rede hidráulica.